



**AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES
PARA LAS PERSONAS QUE REALIZAN
EJERCICIO FÍSICO**

**DOCUMENTO DE CONSENSO DE LA FEDERACIÓN
ESPAÑOLA DE MEDICINA DEL DEPORTE**

Volumen XXIX

SUPLEMENTO 1
2012

Archivos

de medicina del deporte

Órgano de expresión de la Federación Española de Medicina del Deporte
y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte





Archivos

de medicina del deporte

Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte

Afiliada a la Federación Internacional de Medicina del Deporte, Sociedad Europea de Medicina del Deporte y Grupo Latino y Mediterráneo de Medicina del Deporte

Director

Pedro Manonelles Marqueta

Editor

Miguel E. Del Valle Soto

Administración

M^a Ángeles Artázcoz Bárcena

Secretaría

Iturrana 43 bis, entlo.

31007 Pamplona

Teléfono: 948 267 706

Fax: 948 171431

E-mail: femedede@femedede.es

www.femedede.es

Correspondencia

Apartado de correos 1207

31080 Pamplona (España)

Archivos de Medicina del Deporte figura en los índices de: EMBASE/Excerpta Medica, Índice Médico Español, Sport Information Resource Centre (SIRC), e Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud (IBECS)

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Junta de Gobierno: Presidente: Pedro Manonelles Marqueta, Vicepresidente: Miguel E. Del Valle Soto, Secretario General: José Naranjo Orellana, Tesorero: Javier Pérez Anson, Vocales: Carlos de Teresa Galván, José Fernando Jiménez Díaz, Begoña Manuz González, Antonio Turmo Garuz

Responsable web: Luis Tárrega Tarrero

Grupos de Trabajo: Grupo de Cineantropometría. Grupo de Diagnóstico por la Imagen: José Fernando Jiménez Díaz. Grupo de Nutrición y Deporte: Nieves Palacios Gil-Antuñano

Comisión Científica: Secretario: Carlos Melero Romero. Vocales: Antonio Aguiló Pons, Juan Manuel Alonso Martín, José Ramón Alvero Cruz, Ramón Balius Matas, Araceli Boraita Pérez, Franchek Drobnic Martínez, Francisco Esparza Ros, Luis Franco Bonafonte, Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea, Emilio Luengo Fernández, Antonio Maestro Fernández, José Luis Martínez Romero, Eduardo Ortega Rincón, Nieves Palacios Gil-Antuñano, Juan Ribas Serna, M^a. Concepción Ruiz Gómez, Ángel Sánchez Ramos, Nicolás Terrados Cepeda, José Luis Terreros Blanco, Mikel Zabala Díaz

Comité Editorial: Maite Aragonés Clemente (España), Norbert Bachl (Austria), Ramón Balius Matas (España), Araceli Boraita Pérez (España), Josep Brugada Terradellas (España), M^a Dolores Cabañas Armesilla (España), Francisque Commadre (Francia), Jesús Dapena (EEUU), Franchek Drobnic Martínez (España), Francisco Esparza Ros (España), Marcello Faina (Italia), Tomas Fernández Jaén (España), Walter Frontera (Puerto Rico), Luis Giménez Salillas (España), José Manuel González de Suso (España), Pedro Guillén García (España), Dusan Hamar (Eslovaquia), Markku Jarvinen (Finlandia), Peter Jenoure (Suiza), José A. López Calbet (España), Alejandro Lucía Mulas (España), Emilio Luengo Fernández (España), Antonio Maestro Fernández (España), Nicola Maffulli (Reino Unido), José Luis Martínez Romero (España), Sakari Orava (Finlandia), Eduardo Ortega Rincón (España), Nieves Palacios Gil-Antuñano (España), Antonio Pelliccia (Italia), Fabio Pigozzi (Italia), Per Renström (Suecia), Juan Ribas Serna (España), Jordi Segura Noguera (España), Luis Serratos Fernández (España), Nicolás Terrados Cepeda (España), José Luis Terreros Blanco (España), Juan Ramón Valenti Nin (España), José A. Vega Álvarez (España), José Antonio Villegas García (España), Mikel Zabala Díaz (España), Mario Zorzoli (Suiza)

Asociaciones de FEMEDE

Asociación Andaluza (AMEFDA): Pte.: Fco. José Berral de la Rosa. **Sociedad Andaluza (SAMEDE):** Pte.: Juan de Dios Beas Jiménez, **Asociación Aragonesa:** Pte.: Pedro Manonelles Marqueta. **Asociación Balear:** Pte.: Juan Roig Cañellas. **Asociación Canaria:** Pte.: Arturo Gómez García. **Asociación Cantabria:** - **Asociación Castellano-Leonesa:** Pte. Gestora: Carlos Moreno Pascual. **Asociación Castellano-Manchega:** Pte.: José Luis Orizaola Paz. **Societat Catalana:** Pte.: Juan N. García-Nieto Portabella. **Asociación Gallega:** Pte.: Jesús Vázquez Gallego. **Asociación Murciana:** Pte.: Francisco Esparza Ros. **Asociación Navarra:** Pte.: Félix Ceberio Balda. **Asociación Riojana:** Pte.: Julio Martínez Flórez. **Asociación Valenciana:** Pte.: Argimiro Rodríguez Jerez. **Sociedad Vasca de Medicina del Deporte:** Pta.: Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea.

Grupo de Especialistas en Medicina de la Educación Física y el Deporte (GEMEDE): Begoña Manuz González. **Sociedad Española de Traumatología del Deporte (SETRADE):** Fernando Ávila España. **Sociedad Española de Medicina y Auxilio en Montaña (SEMAM):** Gema Sánchez. **Asociación Española de Fisioterapeutas (AEFI):** Jesús Seco Calvo. **Grupo Rehabilitación y Deporte (SERMEF):** Luis Giménez Salillas. **Instituto de Salud y Longevidad:** Juan Francisco Marcos Becerro. **Asociación Española de Podología Deportiva (AEPODE):** Ángel González de la Rubia



Desde 1977, pionero y líder en el **mercado de nutrición deportiva** y marca de referencia para deportistas de todos los niveles con **garantía antidoping**.



Amplia gama de productos de **Hidratación, Energéticos, Complementos y Proteínas** con mas de 50 referencias para cubrir todas las necesidades de los deportistas.



GARANTIA ANTIDOPING
EN TODOS SUS PRODUCTOS

www.isostar.com



Archivos

de medicina del deporte

Volumen XXIX (Suplemento 1)

Edita

Federación Española
de Medicina del Deporte
Iturrama, 43 bis
31007 Pamplona
Tel. 948 267 706
Fax: 948 171 431
femede@femede.es
www.femede.es

Secretaría

ESMON PUBLICIDAD
Balma, 209, 3º 2ª
08006 Barcelona
Tel: 93 2159034

Publicidad

ESMON PUBLICIDAD
Tel. 93 2159034

Imprime

Punt Dinamic, S.L.

Publicación bimestral

Un volumen por año

Depósito Legal

Pamplona
NA 123. 1984

ISSN

0212-8799

Soporte válido

Ref. SVR 389

Precio suscripción anual

España: 100€ - Europa: 110€

Institucional: 150€

Ultramar por barco: 150€

Ultramar aéreo: 200€

Descuento a librerías:

20% sobre precio suscripción

Números del 0 al 140: 423€

Números sueltos: 20€

Año 2011: 100€

La dirección de la revista no acepta responsabilidades derivadas de las opiniones o juicios de valor de los trabajos publicados, la cual recaerá exclusivamente sobre sus autores.

Esta publicación no puede ser reproducida total o parcialmente por ningún medio sin la autorización expresa por escrito de los autores.

AYUDAS ERGOGÉNICAS NUTRICIONALES PARA LAS PERSONAS QUE REALIZAN EJERCICIO FÍSICO

Documento de Consenso de la Federación
Española de Medicina del Deporte (FEMEDE)

Nieves Palacios Gil de Antuñano,
Pedro Manonelles Marqueta (Coordinadores),
Raquel Blasco Redondo, Luis Franco Bonafonte,
Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea, Begoña Manuz González,
José Antonio Villegas García.

Grupo de Trabajo sobre nutrición en el deporte de la
Federación Española de Medicina del Deporte

Empresa colaboradora: Isostar / Nutrition et Santé

ÍNDICE

Introducción y objetivos	8	Otros nutrientes esenciales	19
Concepto de ayuda ergogénica	9	Minerales	19
Criterios para considerar un producto alimenticio como alimento dietético adaptado a un intenso desgaste muscular, sobre todo para los deportistas	11	Potasio	20
Categorías propuestas por el comité científico de la unión europea sobre la composición de los alimentos y las bebidas destinadas a cubrir el gasto energético y de nutrientes en situaciones de gran esfuerzo muscular	12	Sodio	20
Productos alimenticios energéticos ricos en hidratos de carbono	13	Magnesio	20
Hidratos de carbono en la dieta de entrenamiento	14	Calcio	21
Hidratos de carbono en la dieta previa al ejercicio	14	Fósforo	21
Hidratos de carbono durante el ejercicio	14	Hierro	22
Hidratos de carbono después del ejercicio	15	Zinc	23
Composición y características de los diferentes productos (sólidos o líquidos)	15	Selenio	23
Bebidas especialmente diseñadas para el deportista. Soluciones con hidratos de carbono y electrolitos	15	Manganeso	24
Proteínas y componentes proteicos	17	Cromo	24
Justificación de la necesidad de suplementación	17	Cobre	25
Estrategias de suplementación dietética	17	Yodo	25
Proteínas de aislado de suero de leche	18	Boro	25
		Vitaminas	26
		Vitaminas hidrosolubles	26
		Tiamina o vitamina B1	26
		Riboflavina o vitamina B2	27
		Piridoxina o vitamina B6	27
		Cianocobalamina o vitamina B12	27
		Ácido fólico o vitamina B9	27
		Niacina o ácido nicotínico o vitamina B3	28
		Biotina o vitamina B7 o vitamina H	28
		Ácido pantoténico o vitamina B5	28
		Vitamina C o ácido ascórbico	28
		Vitaminas liposolubles	29
		Vitamina A o Retinol	29
		Vitamina E o Alfa-tocoferol	29
		Vitamina D o Calciferol	29
		Vitamina K	29
		Grasas	30

Otros componentes	31	Catequinas	44
Creatina	31	Antocianosidos	44
Beta Hidroxi Metil Butirato	33	Ácido elágico	44
Carnitina	34	Isoflavonas	44
Mezclas de aminoácidos ramificados	35	N-Acetil L-Cisteína	45
Otros aminoácidos y sustancias nitrogenadas	35	Inmunomoduladores	45
Taurina	35	Probióticos y prebióticos	45
Glutamina	36	Eleuterococo (<i>Ginseng siberiano</i> o <i>Eleutherococcus senticosus</i>)	46
Arginina	37	Equinácea	47
Ácido aspártico	38	Uña de gato	47
Leucina	38	Bicarbonatos y citratos	47
Colina	39	Ginseng	47
Glicina	39	Glicerol	48
Inosina	39	Condroitin sulfato, mucopolisacáridos, árnica, bromelina	48
Cafeína	40	Condroitin sulfato	48
Eficacia ergogénica	40	Sulfato de glucosamina	49
Mejora del rendimiento en el ejercicio aeróbico	40	Ácido hialurónico	49
Mejora del rendimiento en el ejercicio anaeróbico	41	Árnica	50
Mejora del rendimiento en deportes de equipo	41	Bromelina	50
Protocolos, dosis y forma de administración	41	Evidencias de consenso	52
Contenidos de cafeína en productos	41	Recomendaciones para el deportista que entrena y compete	57
Consideraciones a tener en cuenta	42	Abreviaturas, siglas y símbolos	60
Antioxidantes	42	Bibliografía	61
Coenzima Q10	42	Autores del documento y financiación	80
Carotenoides	42		
Ácido lipoico	43		
Resveratrol	43		
Quercetina	43		

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La alimentación y la hidratación del deportista influyen de una manera fundamental tanto en la salud como en el rendimiento deportivo. La buena elección de los alimentos es un factor que, junto con otros (talento, entrenamiento, motivación, ausencia de lesiones...), contribuye a que quien realiza ejercicio físico pueda desplegar todo su potencial y culminar el éxito esperado.

Para un deportista es fundamental poder realizar entrenamientos intensos y competiciones frecuentes sin caer en una fatiga crónica, lesión o enfermedad. Además del tipo de alimento, es importante consumir las cantidades adecuadas de energía, nutrientes y agua, con la regularidad correcta, y con la adaptación apropiada a los horarios de los entrenamientos y de las competiciones.

Hay veces que todas estas recomendaciones no son suficientes y el deportista acude a la toma de productos dietéticos en un intento de mejorar su rendimiento deportivo. Existe un gran número de personas que realizan ejercicio físico, tanto intenso como recreativo, que utilizan alimentos dietéticos, compitan o no. Muchos no saben exactamente ni la función ni el contenido de lo que están tomando y no son supervisados por profesionales de la salud cualificados¹.

Algunos de estos productos están avalados por la evidencia científica como eficaces y seguros. En otros la evidencia científica demuestra que son claramente ineficaces o incluso perjudiciales y en otros casos no existen estudios o los que hay no son concluyentes².

Los alimentos dietéticos para personas que hacen deporte van destinados a un grupo específico de población que puede llegar a tener unas necesidades nutricionales diferentes dependiendo de numerosos factores (intensidad y duración del ejercicio, disciplina deportiva, momento de la temporada, edad, forma física de la que se parte, ambiente externo, etc.). Su finalidad es contribuir a cubrir los requerimientos nutricio-

nales específicos de estas personas, tanto para mantener un buen estado de salud, como para mejorar y maximizar su rendimiento deportivo. Esta meta se puede alcanzar mediante productos que ayuden a satisfacer las necesidades incrementadas de energía y nutrientes, suministren los fluidos y los elementos perdidos durante la actividad física y faciliten la consecución de una adecuada hidratación y una recuperación óptima tras el ejercicio³.

Estos productos deben ser de máxima seguridad y calidad y, por supuesto, exentos de cualquier sustancia prohibida en la práctica deportiva.

La nutrición deportiva es una ciencia en constante evolución, con cientos de investigaciones publicadas al año. Por esta razón, mantenerse al día puede resultar difícil. Existen numerosas evidencias científicas que avalan la conveniencia, seguridad y efectividad del uso de algunos alimentos dietéticos para deportistas. Por otra parte, también hay evidencia de casos contrarios.

Los documentos de consenso de expertos tienen como objetivo presentar todas las evidencias relevantes sobre un tema particular para ayudar a los médicos a sopesar los riesgos y los beneficios de un diagnóstico o de un procedimiento terapéutico. Deberían ser útiles para la toma diaria de decisiones clínicas.

El presente documento de consenso revisa y analiza las diversas ayudas ergogénicas en el deporte con los siguientes objetivos:

- Definir y aclarar qué es un suplemento, complemento o alimento dietético para el deportista (ayuda ergogénica).
- Evaluar los datos científicos que avalan la eficacia, las ventajas o los inconvenientes de las ayudas ergogénicas utilizadas.
- Facilitar al profesional en este campo su trabajo aportándole los conocimientos adecuados para diseñar diferentes pautas nutricionales para mejorar la salud y el rendimiento de los deportistas que están a su cargo.

Niveles de evidencia científica, utilidad o eficacia del procedimiento y/o tratamiento recomendados

Para evaluar la eficacia del uso de un complemento nutricional específico como ayuda ergogénica se ha prestado especial atención a los siguientes datos de los estudios analizados:

- Población en la que se realiza el estudio. Las investigaciones que demuestran un aumento del rendimiento en deportistas o personas que hacen ejercicio físico con regularidad son más relevantes y prácticas que las que demuestran lo mismo en personas sedentarias o con ciertas patologías crónicas.
- Tipo de control de la investigación. Son más relevantes los estudios aleatorios y a doble ciego, entre una sustancia placebo y la ayuda ergogénica a estudiar y aquéllos cuyo diseño es cruzado.
- Significación estadística del estudio. Los trabajos que demuestran una tendencia estadística pueden ser interesantes para continuar una línea de estudio concreta, pero los resultados estadísticamente significativos son mucho más convincentes y válidos.
- Repetición de los mismos resultados en diferentes estudios publicados por distintos grupos de trabajo.

El sistema escogido para clasificar la evidencia y formular recomendaciones es el propuesto por la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE), basado en las Guías de Práctica Clínica sobre el manejo (diagnóstico y tratamiento) del síncope⁴.

Grados de evidencia

Grado A de evidencia. Datos procedentes de múltiples ensayos clínicos aleatorizados o meta-análisis.

Grado B de evidencia. Datos procedentes de un único ensayo clínico aleatorizado o de grandes estudios no aleatorizados.

Grado C de evidencia. Consenso de opinión de expertos y/o pequeños estudios.

Se proponen clases de recomendaciones realizadas según el acuerdo general del beneficio del tratamiento.

CONCEPTO DE AYUDA ERGOGÉNICA

La historia de la humanidad es la historia del movimiento y de la actividad del cuerpo con el fin de realizar las diferentes tareas necesarias para la supervivencia, pero también es la historia de cómo aumentar el rendimiento físico para hacerlo mayor y mejor.

La palabra “ergogenia” proviene del griego “ergos”, que significa trabajo y “genan” que es generar. Se considera como “ayuda ergogénica” cualquier maniobra o método (nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico) realizado con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento⁵.

Día a día se observa un incremento del nivel de exigencia de las personas que realizan actividad física intensa. Los entrenamientos se individualizan según las características del deportista, con lo que su técnica se optimiza. Esto hace que la diferencia entre el ganador y el que queda segundo o tercero sea cada vez menor. La atención y el cuidado de todos los detalles, por nimios que parezcan, puede representar la diferencia fundamental para conseguir el objetivo prioritario de un deportista que compite: mejorar la marca, ampliar la ventaja con el contrincante y ganar. En este contexto, además de una buena alimentación que resulta primordial para adaptarse a los entrenamientos y rendir más en ellos, los alimentos dietéticos (ayudas ergogénicas nutricionales) destinados a los deportistas están cobrando cada vez mayor protagonismo. Son muchos los que hay en el mercado y además su número crece de forma vertiginosa. Algunos de ellos se presentan como alimentos sólidos, otros como bebidas y otros en forma concentrada y dosificada (como

ocurre con los complementos alimenticios). El momento y la finalidad de su uso pueden variar ampliamente según sean las características específicas de cada deporte y la situación concreta del deportista (Tabla 1).

La mayoría de las personas que toman este tipo de productos dietéticos buscan aumentar su rendimiento deportivo. Lo que nunca piensan es que si consumen un producto inadecuado, a dosis inadecuadas o de origen dudoso, no sólo no me-

jora su trabajo físico, sino que ese producto puede ser peligroso y tener consecuencias negativas, como disminución del rendimiento, alteración de la función de algún órgano o sistema y también podría dar un resultado positivo en los controles de dopaje.

Los alimentos dietéticos muchas veces no son analizados y evaluados por las agencias o el organismo administrativo encargado, y en numerosas ocasiones no aparecen todos los ingre-

TABLA 1.
Tabla de los productos dietéticos y sustancias más consumidos por los deportistas

Hidratos de carbono	Proteínas, aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas	Lípidos y sustancias relacionadas	Vitaminas	Minerales	Sustancias de origen vegetal	Otras sustancias
Alimentos y bebidas especialmente diseñados para deportistas con alto contenido en HC	Suplementos de proteínas completas	Ácidos grasos omega 3	Vitamina B12	Hierro	Cafeína Bioflavonoides Aceite de onagra Bromelina	
	Aminoácidos ramificados	Ácido linoleico conjugado	Vitamina B6	Magnesio	Valeriana (<i>Valeriana officinalis</i>)	Bicarbonato y citrato sódico
	Arginina	Lecitina de soja	Ácido fólico	Zinc	Germen de trigo/ Octacosanol	Ubiquinona o Coenzima Q10
	Glutamina		Vitamina C	Cobre	Alfalfa	Piruvato
	Triptófano		Biotina	Selenio	Ginseng (<i>Panax sp.</i>)	
	Ácido aspártico		Niacina			
	Creatina		Riboflavina	Cromo	Crisina (extracto de Flor de la Pasión, <i>Passiflora caerulea</i>)	Óxido nítrico
	Taurina		Tiamina	Boro	Abrojo (<i>Tribulus terrestris</i>)	Mucopolisacáridos
	β -hidroxi- β -metilbutirato		Ácido pantoténico	Yodo	Zarzaparrilla (<i>Smilax aspera</i>)	Condrotin sulfato
	L-Carnitina		Vitamina A	Manganeso	Gamma orinazol/Ácido ferúlico	
	N-acetil L-cisteína				Levadura de cerveza	
	Colina		Vitamina D	Potasio	Eleuterococo (<i>Eleuterococcus senticosus</i>)	Extractos glandulares
	Dimetilglicina		Vitamina E	Sodio	Equinacea (<i>Echinacea sp.</i>)	Polen
	Ácido pangámico		Vitamina K	Calcio	Espirulina (<i>Spirulina sp.</i>)	Jalea real
	Inosina			Fósforo	Árnica (<i>Arnica montana</i>)	Agua

dientes en su etiqueta, las dosis de presentación no son las correctas o, incluso, pueden estar contaminados. Los deportistas que viajan tienen la posibilidad de encontrar en algunos destinos productos que en su país no existen y su adquisición puede suponer un problema.

Por todo esto es necesario la existencia de reglamentos que regulen y armonicen en todos los países miembros de la Unión Europea los perfiles nutricionales y el etiquetado de los productos dietéticos destinados a las personas que realizan un gran esfuerzo muscular (entre ellos los deportistas de alto rendimiento)⁶.

CRITERIOS PARA CONSIDERAR UN PRODUCTO ALIMENTICIO COMO ALIMENTO DIETÉTICO ADAPTADO A UN INTENSO DESGASTE MUSCULAR, SOBRE TODO PARA LOS DEPORTISTAS

En el año 2002 la Unión Europea, a través del Reglamento 178/2002, define lo que debe entenderse por alimento (o producto alimenticio) que es aquel destinado a ser ingerido por los seres humanos, o con probabilidad razonable de serlo, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no. Alimento no incluye una serie de sustancias, entre ellas los medicamentos⁷.

En la Directiva 2002/46/CE, sobre complementos alimenticios, se señala que una dieta adecuada y equilibrada debería ser suficiente para el normal desarrollo y mantenimiento de un organismo sano. Pero esta situación ideal no se da en la práctica ni para todos los nutrientes, ni para todos los grupos de población. Debido a diferentes circunstancias, los consumidores pueden decidir incrementar la ingesta de algunos nutrientes.

A los efectos de dicha Directiva se entiende por complemento alimenticio *“los productos alimenticios cuyo fin sea complementar la dieta normal y consistirán en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan efecto nutricio-*

*nal o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con cuentagotas y otras formas similares de líquidos y polvos que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias”*⁸.

Estos complementos deben ser seguros, con una información adecuada y conveniente, y se prevén mecanismos de evaluación y autorización de las sustancias que pueden formar parte de estos complementos, así como sus dosis máximas y mínimas adecuadas en función de los datos científicos disponibles en cada momento.

La nueva Directiva 2009/39/CE, que es el texto refundido de la Directiva 89/398/CE y de sus modificaciones posteriores, relativa a la aproximación de la legislación de los estados miembros sobre los productos alimenticios destinados a una alimentación especial (alimentos dietéticos), los define como *“aquellos productos que, por su composición particular o por el particular proceso de fabricación, se distinguen claramente de los productos alimenticios de consumo corriente, son apropiados para el objetivo nutritivo señalado y se comercializan indicando que corresponden a dicho objetivo”*⁹. También dice que una alimentación especial debe satisfacer las necesidades nutritivas particulares de determinadas clases de personas que, entre otras, se encuentran en condiciones fisiológicas particulares y que por ello obtienen beneficios especiales de una ingestión controlada de determinadas sustancias de los alimentos. En este apartado se pueden incluir los alimentos destinados y adaptados a las necesidades de aquellas personas que realizan un intenso trabajo muscular, sobre todo, los deportistas. En la actualidad se está discutiendo en el Consejo y el Parlamento europeos si estos productos destinados a cubrir estas necesidades de intenso trabajo muscular:

- Deben seguir siendo regulados dentro del marco de la alimentación especializada (Directiva 2009/39/CE).

- O bien debería definirse con claridad qué se entiende por este tipo de productos y regir sus declaraciones al amparo del Reglamento CE-1924/2006 de propiedades nutricionales y de propiedades saludables.

Si se sigue la línea conductora de toda esta terminología se podrían considerar como complementos alimenticios las ayudas ergogénicas que deben consumirse en pequeñas cantidades, es decir productos alimenticios cuyo fin es complementar una dieta normal, ya que en determinadas circunstancias los deportistas los pueden necesitar. Pero si el producto está destinado de forma específica a personas con intenso desgaste muscular, en un intento de mejorar el rendimiento físico, pueden ser considerados alimentos dietéticos y no complementos alimenticios.

Pero ¿qué diferencia hay en hablar de complemento alimenticio y alimento o producto dietético? La diferencia está en la población diana, en la finalidad a la que van dirigidos y en la directiva que los regula: el complemento alimenticio va destinado a la generalidad de la población (entre la que también se incluyen los deportistas), y los productos dietéticos van dirigidos a grupos específicos de población, como pueden ser los deportistas en situaciones de esfuerzo muscular intenso, y se debe indicar en el etiquetado cuál es el objetivo nutricional de su uso.

Como norma general, si un alimento se presenta en forma dosificada se considerará complemento alimenticio, pero si un examen específico sobre el fin nutricional del producto demuestra que va destinado a una determinada categoría de personas en una condición fisiológica determinada, este producto se puede considerar alimento dietético.

En definitiva y por ahora, las ayudas ergogénicas en general serán consideradas como alimentos dietéticos, se rigen por la Directiva marco 2009/39/CE y pueden presentarse en diversos formatos, entre los que se encuentran las cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con cuentagotas, etc. Los pro-

ductos dirigidos a deportistas con un volumen o peso mayores, como son los alimentos o bebidas ricos en hidratos de carbono (HC) o proteínas y las bebidas con HC y electrolitos, pertenecen también a esta categoría de alimentos dietéticos.

CATEGORÍAS PROPUESTAS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO DE LA UNIÓN EUROPEA SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS Y LAS BEBIDAS DESTINADAS A CUBRIR EL GASTO ENERGÉTICO Y DE NUTRIENTES EN SITUACIONES DE GRAN ESFUERZO MUSCULAR

En febrero de 2001, la Dirección General de Salud y Protección del Consumidor de la Comisión Europea, a través del Comité Científico de Alimentación Humana (CCAH), redactó un informe sobre la composición de los alimentos y las bebidas destinadas a cubrir el gasto energético en un gran esfuerzo muscular, especialmente en los deportistas¹⁰. El Comité revisó la literatura científica del área de nutrición relacionada con el esfuerzo físico y también examinó una serie de documentos de consenso realizados por diferentes organizaciones deportivas. La conclusión a la que llegó es que, si bien una dieta equilibrada es el requerimiento esencial para los deportistas, al considerar la gran intensidad, duración y frecuencia del ejercicio realizado por numerosas personas, muchas dietas se pueden beneficiar de alimentos concretos e ingredientes determinados más allá de las recomendaciones generales.

En este documento se indica que los alimentos y bebidas especialmente adaptados ayudan a solucionar problemas específicos para que se pueda alcanzar un balance nutricional óptimo. Estos efectos beneficiosos no están limitados sólo a deportistas que realizan un ejercicio muscular regular e intenso. También aquellas personas que por sus trabajos hacen esfuerzos importantes o en condiciones adversas, y las que durante su tiempo de ocio hacen ejercicio físico y entrenan, pueden sacar provecho de ellos.

Según el CCAH las categorías de los productos dietéticos adaptados a un intenso desgaste muscular, destinados sobre todo a los deportistas, son:

- **Productos alimenticios energéticos ricos en hidratos de carbono.** Existe consenso general del papel primordial de la ingesta de HC sobre el rendimiento deportivo durante la realización de cualquier tipo de ejercicio físico, sobre todo del que dura más de una hora. Después de finalizar una actividad prolongada es fundamental la ingesta de una cantidad correcta de HC para restaurar los depósitos del glucógeno gastado en el hígado y los músculos. Su ingestión se puede realizar tanto en forma líquida como sólida.
- **Soluciones con hidratos de carbono y electrolitos.** Los dos hechos demostrados que más contribuyen al desarrollo de fatiga durante el ejercicio físico son la disminución de los HC almacenados en forma de glucógeno en el organismo y la aparición de deshidratación por la pérdida, a través del sudor, de agua y electrolitos. Existen numerosas evidencias científicas que demuestran que, durante la realización de un ejercicio físico prolongado, la ingesta de soluciones con HC y electrolitos, en particular el sodio, mejora el rendimiento del deportista.
- **Concentrados de proteínas y alimentos con alto contenido proteico.** Los deportistas en general, y especialmente los menos entrenados, tienen un ligero incremento de las necesidades proteicas, sobre todo al principio de la temporada. La ingesta recomendada de proteínas puede estar entre 1,2 y 1,5 g por kg de peso y día, frente a los 0,8-1 g/kg/día de las personas que no hacen deporte. También se ha demostrado que al finalizar un ejercicio físico, la ingesta de productos (sólidos o líquidos) ricos en HC y proteínas acelera la síntesis del glucógeno gastado durante la actividad. No hay evidencias de que consumos proteicos mayores a 3 g por kg de peso y día mejoren el rendimiento deportivo.

La ingestión suplementaria de proteínas se puede realizar tanto en forma líquida como sólida.

- **Otros componentes y suplementos utilizados con objetivo ergogénico.** En caso de ingestas energéticas insuficientes para el gasto calórico del deportista, se corre el riesgo de presentar deficiencia de algún mineral o vitamina, lo que justificaría el uso de dichos preparados.

Hay otros componentes de los alimentos relacionados con el rendimiento físico que se consideran por separado en este consenso.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENERGÉTICOS RICOS EN HIDRATOS DE CARBONO

Las necesidades de HC del deportista son, desde un punto de vista cuantitativo, las más importantes en su dieta y, aunque son variables dependiendo de factores como el tipo de deporte, las características del esfuerzo, el sexo y las condiciones ambientales, se establecen en 6-10 g/kg/día, generalmente más del 60% del consumo calórico¹¹.

Los HC constituyen un principio inmediato con una función primordial de provisión de energía de utilización rápida que permiten mantener el nivel de glucemia y reponer el glucógeno muscular. Por ello, en gran cantidad de actividades deportivas, la utilización de HC es de suma importancia para la preparación y el rendimiento del deportista, de ahí que los suplementos que contienen HC son muy utilizados por muchas personas que hacen ejercicio físico, buscando la posibilidad de incrementar el rendimiento físico.

Este apartado analiza los conocimientos existentes sobre los productos sólidos y líquidos de HC, sobre su utilidad, sobre su forma de empleo y sobre sus riesgos potenciales.

Hidratos de carbono en la dieta de entrenamiento

Es la forma habitual que tienen los deportistas de alimentarse, dado que entrenan casi todos los días, durante largos periodos de tiempo. La diferencia más importante respecto a la dieta de la población general es que el deportista suele necesitar un aporte calórico superior que, en su mayor parte, es aportado por los HC.

El incremento calórico se efectúa con aumento del consumo de algunos grupos de alimentos (pan, cereales, pastas, legumbres, leche y derivados, vegetales y frutas) y del número de tomas al día.

Hidratos de carbono en la dieta previa al ejercicio

Desde hace tiempo se conoce que efectuar una ingesta de alimento previa al ejercicio presenta numerosos beneficios sobre el rendimiento deportivo, frente a las múltiples inconveniencias que supone ejercitarse en ayunas¹². El deportista mejor preparado para realizar un esfuerzo físico no debe estar hambriento, pero tampoco debe tener una cantidad excesiva de alimento en el estómago¹³.

Las recomendaciones que se dan sobre la ingesta previa al ejercicio incluyen:

- Tener una hidratación adecuada.
- Comer alimentos con contenido relativamente bajo en grasas y fibras para facilitar el vaciado gástrico y disminuir el estrés gastrointestinal.
- Comer alimentos con contenido moderado en proteínas y alto en HC para mantener la glucemia y maximizar los depósitos de glucógeno.

La cantidad de HC efectiva para mejorar el rendimiento es de 200-300 g, consumidos 3-4 horas antes del esfuerzo. No siempre es posible alejar

tanto tiempo la ingesta de la actividad física y, en este caso, en lugar de competir con el estómago lleno, conviene realizar un consumo de pequeñas cantidades de alimento sólido separadas por cortos intervalos de tiempo¹⁴⁻¹⁷, aunque no todos los estudios demuestran mejora del rendimiento en esta segunda opción^{18,19}.

Respecto a la administración de HC los días previos a la competición con la intención de aumentar las reservas de glucógeno, se recomienda el consumo de 8-10 g/kg/día, los cuatro días previos²⁰.

Tampoco existen datos indiscutibles respecto a la utilidad del índice glucémico de los alimentos sobre el rendimiento físico²¹⁻²⁴.

Hidratos de carbono durante el ejercicio

El empleo de HC en los esfuerzos de una hora de duración o menos aumenta el rendimiento^{25,26}, aunque este efecto no se ha constatado en todos los estudios realizados²⁷.

En cambio, es ampliamente conocido el beneficio sobre el rendimiento de la utilización de HC (30-60 g/h) en los esfuerzos prolongados, de más de una hora de duración²⁸⁻³⁰, especialmente si el deportista no ha realizado una sobrecarga previa de HC, no ha comido antes del esfuerzo o realiza dietas hipocalóricas para control del peso¹³.

El momento de administración de los HC es importante, siendo preferible comenzar poco después del inicio de la actividad cada 15-20 minutos, en lugar de administrar una cantidad elevada a las dos horas del esfuerzo³¹⁻³³.

En principio, el mejor HC para consumir es la glucosa, aunque también son beneficiosas las mezclas de glucosa y fructosa y de otros azúcares simples y maltodextrinas^{33,34}. No se recomienda utilizar fructosa sola porque puede producir diarrea.

La forma de administración no es importante respecto a sus efectos y queda a la preferencia del deportista su consumo en forma de líquido, de gel o de barritas. Es necesario recordar la

importancia de una hidratación adecuada en el esfuerzo, especialmente si éste es prolongado y/o se realiza en condiciones ambientales desfavorables.

Hidratos de carbono después del ejercicio

El momento y la composición de la comida post-ejercicio dependen de la duración y de la intensidad del esfuerzo realizado y también del momento de la iniciación del próximo esfuerzo.

Junto con la rehidratación, la reposición de HC es el objetivo más importante de la alimentación después del ejercicio y es especialmente necesaria cuando el deportista tiene que seguir compitiendo o entrenando el mismo día, al día siguiente o incluso días después.

La síntesis de glucógeno se influye de forma muy importante por el momento del consumo de los HC post-esfuerzo. Se recomienda la administración de HC en los primeros 30 minutos después de finalizado el ejercicio siguiendo su administración cada 2 horas hasta alcanzar las 6 horas posteriores al término de la actividad deportiva. Esta estrategia consigue altos niveles de glucógeno muscular y hepático, desde luego mucho mayores que cuando el consumo se realiza a las dos horas de finalizar el esfuerzo³⁵⁻³⁷.

El tipo de HC también afecta a la síntesis de glucógeno post-esfuerzo. La glucosa con fructosa, en dosis de 1-1,5 g/kg cada 2 horas, es más efectiva que la fructosa sola³³. Si se consumen alimentos completos, los de alto índice glucémico producen niveles de glucógeno muscular más elevados³⁸. No obstante, el consumo de HC post-esfuerzo se debe contemplar desde la óptica de la alimentación y recuperación completa del deportista.

Composición y características de los diferentes productos (sólidos o líquidos)

Concentrados de HC

Deberán tener al menos un 75% de HC en su composición, que constituirán la fuente principal de su contenido calórico. De estos HC, el 75%

tendrán que tener un alto índice glucémico, como la glucosa o la sacarosa²⁰.

Barritas energéticas

Son preparados adecuados para las actividades deportivas de más de 90 minutos de duración. Son muy prácticas y fáciles de transportar, incluso durante la realización del ejercicio, por su forma compacta y pequeña.

Son muy digeribles, especialmente si se toman con abundante agua.

Desde el punto de vista nutricional presentan un aporte calórico de 250-500 kilocalorías (kcal), con un 60-80% de contenido en HC, un 4-15% de proteínas y un 3-25% de grasas, además de vitaminas y minerales. Se ofrecen en muy diversas composiciones y distintos sabores.

Geles energéticos

Los geles son otra forma de presentación de elementos energéticos que constituyen una alternativa cómoda a las barras. También son de fácil transporte y consumo, sin necesidad de masticar. Permiten variar la forma de recuperar energía durante la actividad física de cierta duración. Tienen una amplia variedad de sabores y diversas presentaciones.

Si se utilizan cualquiera de estos preparados hay que tener en cuenta dos precauciones. En primer lugar, probarlos durante los entrenamientos, antes de la competición, para verificar que son bien tolerados, que no provocan molestias y que se consigue el efecto buscado. En segundo lugar, hay que utilizar productos de procedencia fiable. En caso contrario existe riesgo de que no contengan realmente lo que se anuncia en su prospecto o que incluyan sustancias dopantes^{39,40}.

BEBIDAS ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA EL DEPORTISTA. SOLUCIONES CON HIDRATOS DE CARBONO Y ELECTROLITOS

Las soluciones líquidas comerciales diseñadas específicamente para las personas que entrenan y

que se utilizan durante la realización de ejercicio físico reciben el nombre general de bebidas para el deportista o bebidas deportivas. Presentan una composición específica con el fin de conseguir una rápida absorción del agua y electrolitos, y reponer los HC perdidos durante la actividad⁴¹.

Sus principales objetivos son:

- El aporte de una cierta cantidad de HC que mantenga una concentración adecuada de la glucosa en sangre. Este punto es importante en los ejercicios de larga duración, porque retrasa la aparición de la sensación de fatiga.
- La reposición de electrolitos, sobre todo el sodio. Además con este elemento se mejora el sabor de la bebida y la absorción de la glucosa a nivel intestinal.
- Reposición hídrica. Evitar la deshidratación. Estas bebidas saben mejor, por lo que se consumen con más facilidad que el agua.

El Comité Científico en Alimentación Humana (CCAH) de la Unión Europea, en su informe sobre la composición de los alimentos y las bebidas destinadas a cubrir el gasto energético en un gran esfuerzo muscular¹⁰, hace unas recomendaciones muy precisas sobre la composición de las bebidas deportivas e indica que estas bebidas deben suministrar HC como fuente fundamental de energía y deben ser eficaces en mantener una óptima hidratación o rehidratar.

Se recomiendan los siguientes márgenes en la composición de las bebidas que se deberían consumir durante la práctica deportiva:

- Energía: no menos de 80 kcal/l y no más de 350 kcal/l.
- Al menos el 75% de las calorías provendrán de HC con un alto índice glucémico (glucosa, sacarosa, maltrodextrinas).
- Hidratos de carbono: suministrarán no más de un 9% de HC (90 g/l).

- Sodio: no menos de 460 mg/l (46 mg/100 ml o 20 mmol/l) y no más de 1.150 mg/l (115 mg/100 ml o 50 mmol/l).
- Osmolalidad: entre 200-330 mOsm/ kg de agua.

El CCAH aboga porque el término isotónico se reserve a las bebidas cuya osmolalidad esté comprendida entre 270-330 mOsm/kg de agua. Las bebidas ligeramente hipotónicas, de osmolalidad 200-270 mOsm/kg, son también recomendadas por el CCAH. Tanto la adecuada osmolalidad de la bebida como la correcta concentración en HC y sodio, y el beber la cantidad adecuada son factores claves para un rápido vaciado gástrico y una absorción óptima.

El documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte sobre bebidas para el deportista del año 2008 ha refrendado estas características para la composición de dichas bebidas⁴².

En el caso de las bebidas para recuperar el líquido y los elementos perdidos después del esfuerzo, se recomienda utilizar los niveles altos, tanto de energía (300-350 kcal/l), como de sodio (40-50 mmol/l) y que contengan algo de potasio (2-6 mmol/l). El Panel de Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias (NDA) de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) en el 2011 también confirmó la composición recomendada por el CCAH para estos productos a fin de mantener un óptimo rendimiento durante ejercicios prolongados, así como facilitar la absorción de agua⁴³.

Está bien documentado que el aporte de un suplemento de 1 g/kg de carbohidratos inmediatamente y una hora después de la finalización de un ejercicio de resistencia muscular, disminuye significativamente la ruptura de proteínas miofibrilares y la eliminación del nitrógeno en urea, e incrementa levemente el índice de síntesis fraccional de proteínas musculares (ISF), dando lugar a un balance proteico positivo. Esto sugiere que el consumo de suplementos de rehidratación con HC y una mínima cantidad de

proteínas podría incrementar la concentración de insulina y, por lo tanto, mejorar el balance de proteínas musculares⁴⁴. También parece importante establecer los programas de ingesta de estos suplementos en función de los horarios de los entrenamientos.

PROTEÍNAS Y COMPONENTES PROTEICOS

Justificación de la necesidad de suplementación

Mientras que en el sujeto sedentario el equilibrio nitrogenado se logra con un porcentaje de un 8-10% de las calorías totales derivadas de las proteínas, en el deportista, este equilibrio puede verse multiplicado por dos, es decir, entre un 15 y un 20% del total energético. Así pues, en un deportista que necesita 4.000 kcal/día, el 15% serían 600 kcal derivadas de proteínas que, si tenemos en cuenta que 1 g de proteína corresponde a 4 kcal, supondría un aporte proteico de $600/4 = 150$ g. Por tanto, si pesa 80 kg serían $150/80 = 1,8$ g/kg/d. En este contexto, mantener una baja ingesta de grasa es obligado y, teniendo en cuenta que las proteínas normalmente van asociadas a grasa (fundamentalmente animal), es habitual considerar los suplementos de proteína pura (exenta de grasa) como una buena manera de llegar a la cifra de ingesta de 1,8 g/kg/día con un máximo del 30% de kcal derivadas de la grasa.

La mayoría de las enzimas implicadas en la síntesis proteica a nivel celular actúan a la máxima velocidad cuando la concentración intracelular de aminoácidos (AA) está entre 10 y 30 μ M (generalmente esos niveles están mucho más altos). Además, el aumento de la síntesis proteica ocurre tras la ingesta de comidas que contienen HC, como consecuencia del efecto insulínico de dicha mezcla. Después de un esfuerzo físico intenso lo ideal es tomar HC y algo de proteína (nada de grasa). Un bocadillo de lomo (70 g de pan y 40 g de lomo embuchado) proporciona unas 328 kcal y un total de 18 g de proteína junto a 9 g de grasas (28% del total de la energía). Por

el contrario, 40 g de un suplemento facilitado por la tecnología actual, como es el aislado de suero de leche con maltodextrina (10 g de suero de leche; 5 g de fructosa; 5 g de glucosa y 20 g de maltodextrina), tiene 150 kcal y provee 9 g de proteína rica en AA ramificados (996 mg de leucina); 0 de grasa y 30 g de HC de alta carga glucémica (ésta es, por tanto, una ayuda ergogénica eficaz).

A la luz de lo que se sabe, da la impresión de que lo relevante no es la cantidad total de proteínas que se toman al día, sino que las comidas realizadas estén equilibradas y, sobre todo, que se ingiera inmediatamente después de entrenar una pequeña cantidad de proteína unida a HC. Una forma de ingerir proteínas sin grasa, fáciles de preparar y de consumir, es tomar aislado de suero de leche.

El CCAH estableció que la calidad de las proteínas de los productos dietéticos utilizados con finalidad proteica fuera alta, fijando como mínimo un 70% de Utilización Proteica Neta (NPU) y que si se les añade vitamina B6, ésta estuviera en una proporción no inferior a 0,02 mg/g de proteínas. Dividió estos productos en 2 grupos⁴⁵:

- Concentrados proteicos, en los cuales las proteínas deberían representar como mínimo un 70% de la materia seca.
- Alimentos enriquecidos en proteínas, en los que éstas deben proporcionar al menos el 25% de la energía del alimento.

Hay que añadir que el Panel de Expertos de la Unión Europea para productos dietéticos concluye en una reciente decisión que está suficientemente establecida la relación causa y efecto entre la ingesta diaria de proteínas y el aumento o mantenimiento de la masa muscular⁴³.

Estrategia de suplementación dietética

La fatiga que se produce durante la realización de un esfuerzo de larga duración (tres o más horas) se aleja de los factores periféricos relacionados con el metabolismo muscular y se centra más

bien en factores complejos de origen central. St Clair Gibson, en un estudio publicado en 2003⁴⁶, describe la fatiga como una sensación consciente, más que un evento fisiológico. En el modelo que propugna, la fatiga es una emoción compleja basada en factores como la motivación. Se desconoce si hay una localización cerebral de la fatiga en alguna estructura en particular, o si afecta al cerebro en su conjunto. No obstante, algunos neurotransmisores como la serotonina (5-HT), han sido estudiados dentro de un modelo de fatiga central⁴⁷.

Debido a que la 5-HT no puede atravesar la barrera hematoencefálica y a que su precursor, el triptófano (TRP) sí puede, la concentración de este neurotransmisor en el cerebro será muy dependiente de la concentración de TRP en sangre.

En cualquier dieta habitual, el TRP es el menos abundante de todos los AA. Una dieta típica occidental sólo proporciona de 1 a 1,5 g de TRP al día. Si la dieta es deficiente en niacina, una parte del TRP irá a sintetizar esta vitamina. Por otro lado, un déficit de vitamina B6 hará que el TRP se degrade rápidamente en metabolitos tóxicos como hidroxikinurenina, ácido xanturénico e hidroxiantranílico. Todo ello hace que el cerebro reciba menos del 1% del TRP ingerido⁴⁸. A esto hay que añadir que el paso a través de la barrera hematoencefálica del TRP depende de un transportador común para los AA tirosina, fenilalanina, valina, leucina e isoleucina, por lo que para conseguir una alta concentración de TRP en el cerebro hay que suministrarlo libre del resto de los AA competidores. Por tanto, un bajo consumo de proteínas se asocia con un aumento de TRP y 5-HT, calma y relajación (debido al TRP) y obesidad (debido al alto consumo de HC) al tiempo que una dieta hiperproteica asociada al ejercicio físico provoca un aumento de las concentraciones plasmáticas de diversos AA, pero no de TRP.

De este modo, se concluye que:

- Dietas con una ingesta proteica moderada no modifican el TRP en cerebro.
- Dietas con una ingesta alta de proteínas disminuyen el TRP en cerebro.

- Dietas con una ingesta alta de grasa aumenta el TRP libre y, por tanto, el TRP en cerebro.
- Dietas ricas en glúcidos simples (alto índice glucémico, como azúcares y bollería) producen por un lado un aumento de insulina con aumento de TRP en cerebro, pero por otro una disminución de ácidos grasos en suero, con disminución de TRP libre y disminución de TRP en cerebro, aunque en esta dicotomía parece ser más activa la acción sobre la insulina, provocando un ligero aumento de TRP.

a) Primera estrategia, actuar sobre la relación TRP/AARR (AA ramificados)

La administración de AARR durante el ejercicio mejora el rendimiento, presumiblemente por reducir el cociente TRP libre/AARR, y aumentar el umbral hasta llegar a la fatiga⁴⁹. Este efecto ha sido corroborado por otros autores. Sin embargo, la mayoría de los trabajos publicados posteriormente, sobre la acción ergogénica de los AARR no encuentran base sólida⁵⁰. Además, la administración de AARR (por encima de 100 mg/kg) podría producir un aumento del amonio muscular y plasmático, con o sin la ingestión concomitante de HC, y dado que el amonio es un poderoso inductor de la fatiga central, no parece conveniente utilizar los suplementos durante el ejercicio, sobre todo, en los deportes en los que la coordinación neuromuscular desempeña una función importante⁵¹.

b) Segunda estrategia, actuar sobre la ingesta de TRP

Existen múltiples estudios que emplean la técnica de disminuir la ingesta de TRP durante un tiempo (habitualmente horas). Sin embargo, las modificaciones en el recambio de la serotonina no significan necesariamente alteraciones de su función, ya que en individuos normales, la manipulación del TRP aunque provoca alteraciones en la síntesis de 5-HT, no se sigue de modificaciones del humor, o alteraciones cognitivas, etc.

Proteínas de aislado de suero de leche

El suero de leche es el líquido que queda al quitar la caseína y grasa de la leche tras la

adición de cuajo (enzima que hace coagular la leche). Está compuesto por beta-lactoglobulina, alfa-lactoalbúmina, albúmina (de suero bovino), lactoferrina, inmunoglobulinas, lactoperoxidasas, glicomacropéptidos, lactosa (componente mayoritario) y minerales⁵². A excepción de los minerales, presentes también en la caseína, los demás componentes se encuentran únicamente en el suero de leche.

La fracción proteica del suero de leche (WPC) se extrae del suero de leche por medios técnicos tras eliminar el agua y la lactosa, con lo que se obtiene un alimento de extraordinario valor proteico. Las proteínas del suero de leche se emplean para diversos usos y tienen diferentes concentraciones proteicas (34% en fórmulas infantiles, postres, etc.; 80% o más en complementos dietéticos, panadería; del orden del 90% en fórmulas en polvo para deportistas).

Algunos trabajos demuestran el carácter anabólico del suero lácteo⁵³. Burke realizó estudios con el suero de leche y creatina encontrando un aumento significativo de fuerza en el grupo que ingería suero lácteo solo⁵⁴. Lands, al analizar un producto elaborado con suero rico en cisteína, encontró mejora del rendimiento deportivo⁵⁵. Brown detectó un aumento de masa magra en deportistas que tomaban proteína de suero de leche⁵⁶, incluso superior a los que tomaban proteína de soja, aunque estos últimos tenían efectos antioxidantes suplementarios.

Otro efecto muy importante de las proteínas del suero de leche es el incremento del depósito de glucógeno⁵⁷, lo que lo hace un alimento importante tras la realización de esfuerzos de larga duración⁵⁸.

Estrategia de suplementación

La suplementación con proteínas de aislado de suero de la leche se puede indicar en todos los deportes, según las características individuales de la persona que entrena. La cantidad a tomar está en función del resto de la ingesta dietética del deportista. Siempre hay que tener en cuenta las necesidades de proteínas por kg de peso y día

de la persona que realiza una intensa actividad física.

OTROS NUTRIENTES ESENCIALES

Minerales

La ingesta diaria recomendada de los principales minerales está establecida para la población en general, en relación con los hábitos alimentarios de cada país, asumiéndose que una dieta equilibrada y ajustada al gasto energético individual cubre las necesidades en nutrientes tanto en sedentarios como en personas con actividad física considerable, incluidos los deportistas^{13,59-69}.

En la CE y en algunos países que la integran, así como en EEUU, se establecen los límites máximos de seguridad o ULs (*Tolerable Upper Intake Levels*), en la ingesta de algunos minerales y vitaminas con cifras absolutas y/o como múltiplos de las IDR (Ingestas Diarias Recomendadas), incluso en el caso de la práctica deportiva tanto moderada u ocasional como intensa (hierro, zinc, selenio, manganeso, cromo, yodo y cobre)⁶²⁻⁶⁵. En la CE están pendientes de fijar los niveles máximos presentes en los complementos alimenticios (Directiva 2002/46/CE) y en los demás alimentos (Reglamento CE 1925/2006).

Las ingestas recomendadas para la actividad física y el deporte, citadas en este capítulo, corresponden a adultos mayores de 19 años con talla y peso de 1,62 m y 55 kg, en mujeres, y de 1,75 m y 70 kg, en hombres, con un gasto energético medio de 1.800 kcal para mujeres y de 2.200 kcal para hombres, con coeficientes de corrección sobre 1.000 kcal suplementarias^{62,65}.

Existen pocos estudios sobre los hábitos alimentarios y valoración nutricional en deportistas para poder asegurar que la dieta es equilibrada cubriendo sus necesidades fisiológicas. Entre estos se han obtenido resultados que orientan hacia unos hábitos de alimentación mejorables para cubrir las necesidades en nutrientes energéticos, vitaminas y minerales⁷⁰⁻⁷⁴.

Potasio

Catión intracelular que interviene en el equilibrio ácido-base, la contracción muscular y la actividad neuromuscular. La concentración de potasio en suero es de 3,5-5 mEq/l (3,5-5 mmol/l). Se absorbe de forma rápida y se elimina en un 90-95% por el riñón y el resto por heces⁷⁵.

El déficit de potasio puede darse por vómitos, diarrea y pérdidas urinarias debidas a laxantes o diuréticos. La hipokaliemia puede afectar al sistema neuromuscular hasta la parálisis, arritmia cardíaca y parada cardíaca⁶².

La adaptación renal a una sobrecarga aguda de potasio es relativamente lenta, necesitando de 6 a 12 h para normalizar la potasemia, mientras que la respuesta del riñón a la restricción dietética de potasio es aún más lenta y no está completamente desarrollada hasta pasados 7 o 10 días. Incluso entonces, las pérdidas urinarias de potasio suelen ser superiores a 20 mEq/día⁷⁵.

Las necesidades mínimas de potasio se estiman en 400-600 mg/día⁶². La IDR para la población española adulta (Dpto. de Nutrición de la Universidad Complutense de Madrid) es de 3.500 mg⁵⁹, para la población adulta norteamericana se cifra en 4.700 mg⁶¹. En la CE la cantidad diaria recomendada a efectos de etiquetado de los alimentos es de 2.000 mg⁷⁶. No se considera un nutriente de riesgo de déficit teniendo en cuenta los hábitos alimentarios actuales. El límite máximo de seguridad se establece en 6.000 mg para la población francesa⁶².

El ejercicio muscular tanto aeróbico como anaeróbico no produce pérdidas importantes de potasio como para alterar el estado de salud y el rendimiento del deportista. Puede resultar efectivo su aporte en bebidas para después de la práctica deportiva, puesto que ayuda a normalizar la hidratación al facilitar la retención de agua en el espacio intracelular⁴².

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁷⁷⁻⁸⁰.

Sodio

En el apartado "Bebidas especialmente diseñadas para el deportista. Soluciones con hidratos de carbono y electrolitos" ya se ha mencionado que éste es el único electrolito que parece indispensable para ayudar a mantener la hidratación en la práctica deportiva y se han indicado los niveles óptimos de reposición. El sodio participa en el funcionamiento de la musculatura⁸¹.

La ingesta recomendada en la CE, a efectos del etiquetado de alimentos, es de 0,6 g/día⁷⁶, siendo su recomendación actual la de no sobrepasar los 6 g diarios de cloruro sódico o, su equivalente, 2,4 g/día de sodio, lo cual se puede conseguir limitando el consumo de sal común y de alimentos salados. Para la población adulta norteamericana se establece una ingesta adecuada de 1,5 g/día, con un límite máximo de 2,3 g/día⁶¹.

Magnesio

Mineral que se encuentra repartido en el organismo formando parte del esqueleto (59%), tejido muscular-tejidos blandos (40%) y líquido extracelular (1%)⁶⁰. Interviene como cofactor en procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados con la fosforilación oxidativa, glucólisis, transcripción del ADN, síntesis proteica y mantenimiento de membranas. Está especialmente relacionado con los procesos de transmisión neuromuscular⁶², el balance electrolítico, la liberación de energía y contribuye a la reducción del cansancio y de la fatiga⁸². La concentración sérica de magnesio es de 1,4 a 2 mEq/l. Se absorbe con un coeficiente del 30-50%, influenciado por la vitamina D y la ingesta de calcio. Su homeostasis se regula principalmente por reabsorción tubular renal^{61,62}.

No se ha descrito un déficit estrictamente dietético. La hipermagnesemia se ha relacionado con la toma de productos que contienen magnesio y no a laxantes y antiácidos que pueden aportar pequeñas cantidades⁶⁰.

Las necesidades de magnesio en adultos son de 4,5 mg/kg⁶⁰. La ingesta diaria recomendada para la población española adulta se sitúa en el rango

de 300-400 mg⁵⁹. La IDR por el *National Research Council* es de 6 mg/kg con un rango, para adultos, de 310-420 mg y con una cantidad límite de 350 mg cuando el aporte es de origen no alimentario^{60,61}. Si el aporte es alimentario, el límite superior de seguridad para la población francesa está establecido en 700 mg/día (1,8 ANC-IDR)⁶². En la CE la ingesta diaria recomendada, a efectos del etiquetado de alimentos, es de 375 mg⁷⁶ y se establece un UL de 625 mg, con un máximo de 250 mg para los complementos alimenticios⁶³. Para la población norteamericana el UL es de 350 mg/día, si el aporte es de origen no alimentario. Existe alguna referencia en relación a un efecto negativo sobre el balance del fósforo si se superan los 500 mg/día de magnesio⁴². Una dieta equilibrada cubre las necesidades de este mineral, siendo su principal fuente las legumbres, frutos secos, cereales y derivados ricos en fibra.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁷⁷⁻⁸⁰.

Calcio

Se encuentra en el organismo en una cantidad de 1.000 g como catión divalente más cuantioso. Participa en el metabolismo energético, la contracción muscular, excitabilidad neuromuscular, conducción nerviosa y coagulación sanguínea, principalmente⁸³.

La concentración sérica de calcio es de 8,5-10,5 mg/dl con una regulación homeostática de $\pm 1,5$ mg/dl controlada por un sistema complejo, donde intervienen la 1,25 dihidroxi-D₃ (calcitriol), la parathormona y la calcitonina, y en el que la biodisponibilidad del calcio, su absorción y fijación ósea dependen de la excreción endógena fecal y de la excreción renal, que están influenciadas por los hábitos alimentarios. En cuanto a la reabsorción tubular, disminuye en caso de acidosis metabólica provocada por la ingesta de dietas ricas en aniones cloruro y sulfato o en proteínas con AA azufrados, neutralizándose con dietas a base de hortalizas y frutas ricas en potasio. El exceso de sodio provoca una pérdida de calcio equivalente a 30 mg por 2 g de sodio en exceso. Con respecto al equilibrio fosfocálcico, si el aporte de fósforo es elevado y el de calcio es

deficiente (Ca/F < 1), se puede producir, a largo plazo, un hiperparatiroidismo secundario con pérdida de densidad ósea. Es una situación que puede presentarse con un consumo elevado de carnes, huevos, derivados lácteos y productos alimentarios con fosfatos como aditivos⁶². La relación calcio/fósforo óptima en la dieta varía entre 1 y 2⁸⁴.

Se absorbe en un 30-40% regulado por el calcitriol. Los fitatos, ácido oxálico y algunas pectinas pueden dificultar la absorción del calcio vegetal^{62,74}.

Las necesidades de calcio en adultos son de 400 mg a 1.000 mg/día⁴². La ingesta diaria recomendada para la población española adulta se sitúa en el rango de 800 a 1.000 mg⁵⁹. Para la población adulta norteamericana se sitúa entre 1.200-1.300 mg con un límite máximo entre 2.000-3.000 mg⁶¹. La recomendación de la CE, a efectos del etiquetado de alimentos, es de un aporte diario de 1.000 mg⁷⁶ y el UL es de 2.500 mg⁶³. Una dieta equilibrada consumiendo suficientes alimentos con calcio, tanto de origen lácteo como no, generalmente cubre las necesidades diarias del mismo. El exceso de calcio puede inhibir la absorción de hierro, zinc y otros minerales, favorecer el estreñimiento, provocar una hipercalcemia y alterar la función renal⁶⁰.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁷⁷⁻⁸⁰, siempre que no exista patología (osteopenia, osteoporosis).

Fósforo

La cantidad de fósforo en el organismo es de unos 700 g. Es necesario para la función celular y el aporte de oxígeno a los tejidos, participa en el almacenamiento de energía y los procesos tampón en sangre y orina⁸⁵. La concentración plasmática del fósforo es de 2,2 mg/dl a 4,4 mg/dl. El 90% circula libre, y el resto lo hace unido a aniones mono y divalentes y proteínas. En su homeostasis participan las mismas hormonas y condicionantes que para el calcio, por lo cual es imprescindible el equilibrio fósforo/calcio para

el metabolismo óptimo de ambos minerales. Se absorbe el 60% de la cantidad ingerida por mecanismos similares a los del calcio. La absorción se efectúa como ortofosfato y fósforo inorgánico obtenido por hidrólisis de fosfolípidos, fosfolipoproteínas y fosfoazúcares provenientes de la dieta. El fósforo ligado a fitatos se absorbe alrededor del 50%, el utilizado en tecnología alimentaria en forma de polifosfato (hexametafosfato de sodio) se hidroliza en ortofosfato para ser absorbido^{62,75}.

La ingesta diaria recomendada para la población española adulta es de 700-1.200 mg⁵⁹, para la población adulta norteamericana oscila entre 700-1.250 mg/día con un límite máximo de 4 g/día⁶¹. En la CE se recomienda una ingesta diaria de 700 mg, a efectos del etiquetado de alimentos⁷⁶. No se estima que pueda haber una deficiencia en los aportes de este mineral dada su existencia en un alto número de alimentos, sobre todo los ricos en proteínas tanto de origen animal como vegetal, frutos secos y cereales. Como se ha citado en el apartado correspondiente al calcio, una dieta excesiva en alimentos ricos en fósforo y aditivos que lo contienen puede dificultar el metabolismo del calcio. Se ha evidenciado falta de fósforo exógeno en pacientes con nutrición parenteral⁷⁴.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁷⁷⁻⁸⁰.

Hierro

Es un componente esencial para el metabolismo celular. Forma parte de la hemoglobina y mioglobina, es cofactor en reacciones de oxidorreducción y en la síntesis de ADN e interviene como transportador de oxígeno en el cuerpo y de electrones en las mitocondrias^{86,87}. El resto del hierro corporal se encuentra almacenado (30%) en forma de ferritina y hemosiderina (bazo, hígado y médula ósea, principalmente) y, en menor cantidad, circulando en sangre como componente de la transferrina. La sideremia normal es de 50 a 150 $\mu\text{g}/\text{dl}$ ^{60,62}. Se absorbe con mayor facilidad y en mayor porcentaje el hierro hemo (25%) que los iones ferroso y férrico, siendo este último el

que mayor dificultad tiene para ser absorbido. El ácido clorhídrico facilita la conversión del hierro férrico a ferroso. Los procesos del metabolismo del hierro están regulados por las cantidades absorbidas, sus depósitos corporales y por la velocidad de la eritropoyesis⁷⁵. En una dieta mixta de tipo occidental, con una ingesta media de este mineral estimada en 10-20 mg/día, el hierro contenido en la mioglobina y hemoglobina de los alimentos proteicos de origen animal representa un 10-15%. El procedente de alimentos vegetales es hierro férrico, convirtiéndose en ferroso durante la digestión para ser absorbido en un pequeño porcentaje, favorecido por la presencia de ácidos orgánicos, sobre todo por la vitamina C, y proteínas de origen animal ricas en cisteína. La absorción a partir de la ingesta es de 0,5-1 mg/día; puede estar estimulada en situaciones de necesidad como es el embarazo o la disminución de las reservas orgánicas por algún proceso específico. Se consideran inhibidores de la absorción componentes de los alimentos como los taninos, fitatos, polifenoles (te, café, salvado) y el exceso en la ingestión de calcio y zinc, los bloqueantes H_2 y los antiácidos. Se calcula que existe una alta disponibilidad de hierro cuando se ingieren más de 90 g de proteína animal en una comida mixta con alimentos de origen vegetal que proporcionan hierro no hemo en cantidad adecuada, acompañados de más de 75 mg de ácido ascórbico^{60, 62,75,84}.

La ingesta diaria recomendada para la población española adulta está entre 10-18 mg/día (límite superior en mujeres)⁵⁹, para la población adulta norteamericana entre 8-18 mg/día (límite superior en mujeres) con un límite máximo de 45 mg/día⁶¹. Para la población francesa está establecido un límite máximo de 28 mg/día (2,25 ANC-IDR). Se debe tener en cuenta que un exceso de hierro puede aumentar el estrés oxidativo, al incrementar los radicales libres, lo puede incidir en el desarrollo de distintas patologías⁶². En la CE la recomendación diaria, a efectos de etiquetado de alimentos, es de 14 mg⁷⁶.

Con respecto a la práctica deportiva, se establece para la población francesa un límite superior de 28 mg/día (complemento de 6 mg cada 1.000

kcal suplementarias). También se cita que en deportistas puede existir un déficit de hierro debido al tipo de deporte practicado y factores ambientales (microhemorragias digestivas, subplantares, hematurias)^{62,65}. Algunos autores recomiendan la suplementación de hierro para mantener la ferritina sérica en sus valores normales, por encima de 20 mg/100 ml, así como la combinación de hierro con riboflavina, ya que es más efectiva para mejorar los índices hematológicos⁸⁴ que los suplementos de hierro solo.

Para evaluar los valores hematológicos de este mineral se recomienda realizar los controles pasados 3 o 4 días de la realización de esfuerzos físicos de larga duración y gran sudoración, dada la hemoconcentración que tiene lugar en esta situación, con un incremento de los valores de referencia normales, que pueden falsear los resultados y llevar a una interpretación errónea de la situación⁸⁸.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva⁷⁷⁻⁸⁰. Sólo hay informes sobre fatiga y bajo rendimiento deportivo en caso de disminución de hierro en sangre y anemia.

Zinc

Catión divalente que participa en numerosos sistemas enzimáticos^{89,90} (más de 200) con el grupo prostético que lo contiene (anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina, deshidrogenasa alcohólica, carboxipeptidasas, oxidorreductasas), siendo necesario para la síntesis proteica y de ácidos nucleicos. Participa en reacciones con el hierro, cobre, magnesio y calcio. Interviene en funciones antioxidantes al formar parte de la enzima superóxido dismutasa cobre/zinc dependiente⁶² y protege la peroxidación lipídica al inhibir la formación de complejos hierro/oxígeno con el ácido enoico⁷⁷. Su deficiencia restringe la renovación celular y el crecimiento⁷⁴. Se absorbe entre el 3 y el 38% procedente de la dieta, correspondiendo al rango superior el zinc de origen alimentario en dietas con proteínas animales. La presencia de ácidos orgánicos favorece su absorción, dificultándola el calcio y los fitatos⁶².

La ingesta diaria recomendada para la población española adulta es de 15 mg/día⁵⁹, para la población adulta norteamericana entre 8-11 mg/día (límite inferior en mujeres) con un límite máximo de 40 mg/día⁶¹ y para la población francesa de 15 mg/día (1,4 ANC-IDR). En la CE la recomendación diaria, a efectos del etiquetado de alimentos, es de 10 mg⁷⁶, habiéndose establecido un UL de 25 mg⁶³. Se desaconseja un consumo superior a 50 mg/día por sus efectos negativos sobre la inmunidad y función antioxidante⁶². No se considera deficitario en una alimentación equilibrada. Las proteínas de origen animal, incluidas las lácteas, y los cereales son el principal aporte de zinc.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva^{77-80,91-94}, aunque para la población francesa activa se establece un límite superior de 15 mg/día (complemento de 1 mg/día cada 1.000 kcal suplementarias)^{62,65}.

Selenio

Es metabólicamente activo como selenoproteína⁶², siendo sustituido el azufre por el selenio, principalmente en la cisteína. Forma parte de diversas enzimas⁶², como la glutatión peroxidasa, antioxidante que protege las estructuras celulares de la acción de los peróxidos lipídicos y radicales libres; las selenodesoyodasas tipos I (D1), II (D2) y III (D3), interviniendo en el metabolismo de las hormonas tiroideas⁹⁵; la enzima tiorredoxina reductasa, antioxidante que regenera las formas reducidas de las vitaminas C y E⁶², entre otras acciones. Interviene en la síntesis de las prostacilinas⁷⁵. No hay mecanismos de regulación en su absorción, siendo ésta del 80% y de manera preferente en la forma orgánica. Se encuentra en hígado, riñones, páncreas y músculos. Las fuentes alimentarias son pescados, huevos, carnes y quesos.

La ingesta diaria recomendada para la población española adulta es de 50-70 µg/día (límite superior en hombres)⁵⁹ para la población adulta norteamericana 55 µg/día con un límite máximo de 400 µg/día⁶¹. Para la población francesa se recomienda 1 µg/kg/día estableciéndose un límite máximo de 150 µg/día (2,3 ANC-IDR)⁶².

En la CE la recomendación diaria, a efectos del etiquetado de alimentos, es de 55 μg ⁷⁶ y el UL de 300 μg ⁶³.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva^{77-80,92-94}, aunque se establece para la población francesa activa un límite superior de 150 $\mu\text{g}/\text{día}$ (complemento de 30 $\mu\text{g}/\text{día}$ cada 1.000 kcal suplementarias)^{62,65}.

Manganeso

Es un elemento esencial^{96,97} de metaloenzimas mitocondriales (piruvato-carboxilasa, superóxido-dismutasa) y activador de algunas cinasas, descarboxilasas, hidrolasas y transferasas. Mediante transporte proteico específico se distribuye con mayor afinidad en los tejidos ricos en mitocondrias, cerebro, hígado, páncreas y riñón. Su biodisponibilidad no es bien conocida por las dificultades para su estudio. Las concentraciones plasmáticas de manganeso no varían en sujetos con disminución o aumento del mismo.

Los alimentos que lo contienen en mayor cantidad son de origen vegetal: cereales completos, frutas, verduras, leguminosas y té. No se considera que exista riesgo de deficiencia si se sigue una dieta equilibrada. Los niveles bajos de este mineral se han relacionado con alteraciones en su metabolismo, con clínica de convulsiones en la edad infantil, dermatitis, alteraciones capilares y cambios en los factores de la coagulación vitamina K dependientes. No existen datos sobre su toxicidad por ingesta oral en cantidades inferiores a 10 mg/día, en cambio puede ser tóxico si se inhala o se administra por vía parenteral (neurotoxicidad)^{60,75}. La Organización Mundial de la Salud (OMS), considera la cantidad diaria ingerida sin efectos adversos hasta 11 mg/día (0,06 mg/peso corporal)⁹⁸. La ingesta diaria recomendada para la población francesa es de 1 mg para mujeres y 2 mg para hombres, para la población adulta norteamericana es de 1,8 mg en mujeres y de 2,3 mg en hombres con un límite máximo de 11 mg/día⁶¹. En la CE la recomendación diaria, a efectos del etiquetado de alimentos, es de 2 mg⁷⁶.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva^{77-80,92-94}, no obstante en Francia para la población que realiza un esfuerzo moderado u ocasional establecen la misma cantidad que en la población en general y un aporte extra de 0,6 mg por cada 1.000 kcal suplementarias con un límite de 3,5 mg/día^{62,65}.

Cromo

Mineral que, en forma trivalente, es cofactor en las reacciones donde interviene la insulina, siendo necesario para el correcto metabolismo de la glucosa⁹⁹. Su absorción intestinal es entre el 0,5-2%. La concentración tisular de cromo disminuye con la edad, excepto en los pulmones.

No se considera un elemento con potencial riesgo de déficit dentro de una dieta variada y equilibrada. Los alimentos que garantizan mejor su biodisponibilidad son el hígado de ternera, algunas variedades de queso, el germen de trigo y la levadura de cerveza.

Al no existir métodos fiables para la evaluación del nivel de cromo en sangre es difícil estimar las necesidades y evidenciar el estado de déficit. De forma indirecta se constata su deficiencia al mejorar los pacientes su resistencia a la insulina mediante la suplementación de cantidades fisiológicas. La clínica por deficiencia, en pacientes con nutrición parenteral prolongada, se manifiesta por resistencia relativa a la insulina y neuropatía central o periférica. La administración de 10-15 μg previene la deficiencia. No se han encontrado signos de deficiencia ni de toxicidad con el consumo de 50 a 200 $\mu\text{g}/\text{día}$. Se ha encontrado un riesgo asociado de padecer cáncer bronquial en trabajadores expuestos a polvo de cromo^{60,75}.

La ingesta diaria recomendada para la población francesa es de 55 μg para mujeres y 65 μg para hombres, para la población adulta norteamericana es de 25 μg en mujeres y de 35 μg en hombres⁶¹. En la CE la recomendación diaria es de 40 μg para el etiquetado de alimentos⁷⁶.

En la práctica deportiva, se establece para la población francesa con un esfuerzo moderado u

ocasional la misma cantidad que en la población general y un aporte extra de 20 μg por cada 1.000 kcal suplementarias con un límite máximo de 120 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁶².

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva intensa^{77-80,92-94}.

Cobre

Se encuentra formando parte de la ceruloplasmina (ferrooxidasa) y metaloenzimas como la citocromo-c-oxidasa, la monoaminoxidasa, la tirosinasa, la lisiloxidasa y la superóxido dismutasa. Interviene en el metabolismo del hierro (síntesis de la transferrina), la mineralización ósea, el mantenimiento del colágeno y de la elastina, la regulación de neurotransmisores, la inmunidad, el metabolismo oxidativo de la glucosa, sobre todo en el miocardio, y la eliminación de radicales libres a través de la superóxido dismutasa¹⁰⁰. Esta última se utiliza como marcador del balance de cobre en el organismo.

Se absorbe en un 30-40%, favorecida por las proteínas y disminuida por la vitamina C, disacáridos y exceso de hierro y zinc. Se encuentra principalmente en hígado, cerebro, corazón y riñones. Los alimentos más ricos en cobre son el hígado, los mariscos y pescados, nueces, cacao, semillas (trigo, avena), soja y verduras. No se considera un elemento con potencial riesgo de déficit dentro de una dieta variada y equilibrada en las personas adultas. Se ha evidenciado hipocupremia en niños desnutridos con alimentación láctea prolongada, en pacientes con alimentación parenteral exclusiva y en las enfermedades debidas a trastornos del metabolismo del cobre o que cursan con deficiencia en ceruloplasmina^{60,62,75}. La clínica en los estados carenciales es de anemia macrocítica hipocrómica, neutropenia, desmineralización ósea y alteraciones de la pigmentación cutánea.

La ingesta diaria recomendada para la población francesa es de 1,5 mg para mujeres y 2 mg para hombres, para la población adulta norteamericana es de 0,9 mg con un límite superior de 10 mg/día⁶¹. En la CE la recomendación diaria, a

efectos de etiquetado de alimentos, es de 1 mg⁷⁶, con un UL de 5 mg⁶³.

En la práctica deportiva, se establece para la población francesa con un esfuerzo moderado u ocasional la misma cantidad que en la población en general y un aporte extra de 0,6 mg por cada 1.000 kcal suplementarias con un límite máximo de 3,5 mg/día^{62,65}.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva más intensa^{77-80,92-94}.

Yodo

El yodo desempeña un papel importante en la liberación de energía, en la producción de hormonas tiroideas y en la función nerviosa y cognitiva¹⁰¹. La ingesta recomendada para la población española adulta es de 110-140 $\mu\text{g}/\text{día}$ (límite superior en hombres)⁵⁹. Tanto en Francia como en la CE es de 150 $\mu\text{g}/\text{día}$ ^{62,76}, con un UL de 600 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁶³. En la población adulta norteamericana se fija una recomendación de ingesta de 150 $\mu\text{g}/\text{día}$, con un límite máximo de 1100 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁶¹. Fuentes de yodo son los pescados de agua salada, los crustáceos, los lácteos y la sal yodada.

Se establece para la población francesa que realiza un esfuerzo moderado u ocasional un aporte adicional de 50 μg por cada 1.000 kcal suplementarias hasta un límite (por esta razón) de 300 μg ⁶².

Con respecto a la práctica deportiva intensa no se ha demostrado hasta ahora la necesidad de suplementación a pesar de sus pérdidas por el sudor, ya que no existe correlación con la disminución del rendimiento físico con su déficit^{102,103}.

Boro

Oligoelemento poco estudiado en relación a su biodisponibilidad, requerimientos, deficiencia y toxicidad en seres humanos. Se encuentra de forma natural en aguas subterráneas y en el medio ambiente, siendo los alimentos de origen vegetal quienes más lo contienen. En el agua po-

table la cantidad de boro es de 0,1 a 0,3 mg/l; las concentraciones varían según la geología local y los vertidos de aguas residuales (detergentes). La OMS ha estimado que el nivel aceptable de boro en el agua es de 0,5 mg/l, siendo la IDT (Ingesta Diaria Tolerable) de 0,16 mg/kg⁹⁸. Su suplementación se ha relacionado con la prevención de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas, por incrementar las concentraciones plasmáticas de estradiol y testosterona, lo que puede sugerir un efecto anabolizante no suficientemente demostrado^{77,79}. Puede desempeñar también un papel en la mejora de la función cerebral, artritis y perfil lipídico en plasma⁹⁴. Su carencia afecta al metabolismo del calcio y el magnesio^{60,78}. En cuanto a su toxicidad se ha relacionado con efectos negativos sobre la espermatogénesis^{75,98}.

Para la población adulta norteamericana se establece un límite máximo de seguridad de 20 mg/día⁶¹, mientras que en la CE este límite es de 10 mg/día⁶³.

No hay estudios concluyentes sobre su suplementación en la práctica deportiva^{77,78,94}.

Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos. No pueden ser sintetizados por el organismo y no son fuentes directas de energía. Sirven para regular los procesos metabólicos, facilitar el metabolismo energético, los procesos neurológicos y prevenir la destrucción celular.

Las vitaminas se clasifican según su solubilidad en grasa o en agua.

- Las vitaminas hidrosolubles incluyen el conjunto de las vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, cianocobalamina, ácido fólico, ácido pantoténico y biotina, entre cuyas funciones está regular el metabolismo energético) y la vitamina C que actúa como antioxidante. Como son solubles en agua, en el caso de una ingesta elevada, serían eliminadas por la orina.

- Las vitaminas liposolubles incluyen la A, D, E y K. Un exceso de su ingesta puede ocasionar toxicidad. Los β -carotenos, precursores de la vitamina A y la vitamina E, actúan como antioxidantes. La vitamina D en el metabolismo del calcio y la vitamina K participa en la coagulación y metabolismo óseo.

Diversos estudios han demostrado que determinadas vitaminas pueden ser beneficiosas para la salud, pero pocos han indicado directamente un valor ergogénico para el rendimiento deportivo.

Algunas vitaminas, como la E y la C, pueden favorecer la tolerancia al esfuerzo durante el ejercicio físico por sus propiedades antioxidantes o por acción sobre el sistema inmunológico. Teóricamente estas propiedades podrían ayudar a mejorar la resistencia al entrenamiento de alta intensidad y optimizar el rendimiento.

En los deportistas que consumen una dieta variada y equilibrada, con un aporte de calorías adecuado, no parece que el resto de las vitaminas tengan un valor ergogénico destacable.

Los deportistas que consumen dietas muy bajas en calorías, con el fin de perder peso y mantener un porcentaje de grasa pequeño, pueden correr el peligro de presentar carencias, no solo energéticas, sino también vitamínicas, por lo que podrían beneficiarse de una suplementación con vitaminas (a dosis adecuadas) junto con HC y proteínas durante los periodos de entrenamiento intenso^{13,104-107}.

A continuación se analizan en detalle las funciones y los posibles beneficios ergogénicos de las distintas vitaminas.

Vitaminas hidrosolubles

Tiamina o Vitamina B1

Participa en reacciones importantes en la obtención de la energía¹⁰⁸, como por ejemplo en la eliminación del CO₂ en las reacciones de decarboxilación desde el piruvato a acetil CoA y en el ciclo de Krebs. También participa en la síntesis de la acetilcolina.

Teóricamente podría mejorar el umbral anaeróbico. Su déficit puede disminuir la eficiencia de los sistemas energéticos y, por tanto, el rendimiento físico.

La ingesta recomendada es de 1,2 mg/día en varones y 1,1 mg/día en mujeres, en EEUU⁶¹ y 1,1 mg en la CE. En deportistas se admite una ingesta de hasta 2 mg/día.

No parece que la suplementación mejore el rendimiento siempre y cuando los deportistas tengan un consumo calórico normal^{108,109}. No obstante, el informe del CCAH de 2001¹⁰ contempla la posibilidad de enriquecer con vitamina B1 los alimentos dietéticos para deportistas altos en energía y, en caso de que se realice la adición, recomienda que ésta sea de al menos 0,05 mg/100 kcal (o de 0,2 mg/100 g HC).

Riboflavina o Vitamina B2

Participa como coenzima en las reacciones de obtención de la energía y contribuye a la reducción del cansancio y la fatiga¹¹⁰. En teoría aumentaría la disponibilidad de energía durante el metabolismo oxidativo, al tiempo que protege las células del estrés oxidativo.

La ingesta recomendada es de 1,3 mg/día en varones, 1,1 mg/día en mujeres en EEUU y de 1,4 mg en la UE.

Al igual que la tiamina, no parece que la suplementación mejore el rendimiento siempre y cuando los deportistas tengan una dieta adecuada^{108,109}.

Piridoxina o Vitamina B6

Participa en el metabolismo de las proteínas y también es necesaria para la producción de algunos neurotransmisores como la serotonina, dopamina y la noradrenalina. Contribuye a mantener una liberación adecuada de energía y a reducir el cansancio y la fatiga¹¹¹.

Se ha comercializado como un suplemento que mejora la masa muscular, la resistencia y potencia aeróbica. También se ha propuesto que puede optimizar la resistencia mental.

La ingesta recomendada es de 1,3 mg/día en EEUU, con un máximo de 100 mg/día⁶¹. En la CE se recomienda una ingesta de 1,4 mg⁷⁶, con un UL de 25 mg⁶³.

En los deportistas bien nutridos no mejora la capacidad aeróbica ni la acumulación de ácido láctico^{108,109,112}.

La vitamina B6, en combinación la vitamina B1 y la B12, puede aumentar los niveles de serotonina y mejorar las habilidades motoras, motivo por el que se ha recomendado en deportes de precisión como tiro olímpico y tiro con arco¹¹⁰.

Cianocobalamina o Vitamina B12

Funciona como una coenzima que participa en la producción del DNA en la síntesis de proteínas y de los eritrocitos, también participa en la producción de serotonina. La vitamina B12 además contribuye a la liberación de energía y a la reducción del cansancio y la fatiga^{113,114}.

Los deportistas estrictamente vegetarianos (veganos) pueden presentar riesgo de depleción de esta vitamina, lo que puede afectar a la eritropoyesis y causar anemia megaloblástica.

La ingesta recomendada es de 2,4 µg/día en EEUU⁶¹ y 2,5 µg en la CE⁷⁶. La FAO/OMS estableció una recomendación de 2,4 µg y un UL de 1000 µg¹¹⁵.

En deportistas bien nutridos no se ha observado ninguna mejora del rendimiento ni efecto ergogénico¹¹².

De forma similar a la piridoxina, en combinación con ésta y con la tiamina, puede mejorar el rendimiento en tiro. Esto puede deberse al aumento de la serotonina, neurotransmisor que a nivel del sistema nervioso central podría reducir la ansiedad¹¹⁰.

Ácido fólico o Vitamina B9

El ácido fólico funciona como coenzima en la producción del ADN y de glóbulos rojos. Contribuye a la reducción del cansancio y la fatiga¹¹⁶.

Su deficiencia produce una replicación anormal en el sistema eritropoyético, causando anemia megaloblástica, al igual que el déficit de vitamina B12.

La ingesta recomendada es de 400 $\mu\text{g}/\text{día}$, con un máximo de 1000 μg , tanto en EEUU⁶¹ como en la CE⁷⁶.

El aumento de la ingesta antes de la concepción y en el embarazo puede disminuir la incidencia de malformaciones fetales. También parece disminuir los niveles de homocisteína¹¹⁷.

En deportistas con déficit de folato pero sin anemia no mejora el rendimiento físico¹⁰⁷.

Niacina o Ácido Nicotínico o Vitamina B3

Participa en el metabolismo energético formando parte de coenzimas y contribuye a la reducción del cansancio y la fatiga¹¹⁸.

La ingesta recomendada en EEUU es de 16 mg/día en hombres y 14 mg/día en mujeres de equivalentes de niacina (incluye la formada a partir del triptófano), con un máximo de 35 mg/día de niacina preformada contenida en los alimentos⁶¹. En la CE se recomiendan 16 mg de niacina preformada⁷⁶ y un UL de 900 mg como nicotinamida y de 10 mg como ácido nicotínico⁶³.

La suplementación con niacina puede ayudar a reducir los niveles de lípidos en sangre y aumentar los niveles de homocisteína en pacientes con hipercolesterolemia¹⁰⁷.

Por el contrario, la suplementación durante el ejercicio físico parece que disminuye la capacidad de rendimiento por bloquear la movilización de ácidos grasos, produciendo de forma indirecta un aumento de la utilización de glucógeno y del cociente respiratorio en esfuerzo (RER)¹¹¹.

Biotina o Vitamina B7 o Vitamina H

Esta vitamina participa en el metabolismo energético y en el uso de macronutrientes¹¹⁹.

Mientras que la ingesta adecuada en EEUU es de 30 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁶¹, en la CE se recomienda una ingesta de 50 μg ⁷⁶.

No se conoce ninguna investigación acerca de los efectos de la suplementación con biotina sobre el rendimiento físico¹²⁰.

Ácido pantoténico o Vitamina B5

El ácido pantoténico contribuye a la liberación de energía y a la reducción del cansancio y la fatiga^{121,122}.

En EEUU se establece una ingesta adecuada de 5 mg/día⁶¹, mientras que la ingesta recomendada en la CE es de 6 mg⁷⁶.

No se conoce ninguna investigación acerca de los efectos de la suplementación con ácido pantoténico y rendimiento físico.

Vitamina C o Ácido ascórbico

Participa en funciones biológicas de gran importancia como sobre la síntesis de epinefrina y la absorción del hierro, además es un potente antioxidante¹⁰⁷. Los roles de la vitamina C son muy variados ya que interviene en la liberación de energía, buen funcionamiento del sistema inmune, protección contra los radicales libres, mejora en la absorción del hierro, buen funcionamiento del sistema nervioso, salud de los huesos y las articulaciones y reducción del cansancio y la fatiga^{123,124}.

La depleción de vitamina C puede afectar negativamente diversos aspectos del rendimiento físico, causando fatiga, debilidad muscular y anemia.

La ingesta recomendada en EEUU en hombres es de 90 mg/día y en mujeres de 75 mg/día, con un máximo de 2.000 mg/día⁶¹. En la CE se recomienda una ingesta de 80 mg⁷⁶.

La altitud, las temperaturas elevadas y el ejercicio físico parecen aumentar las necesidades de vitamina C.

La suplementación con vitamina C en deportistas con una adecuada nutrición no parece mejorar el rendimiento físico¹²⁵.

Hay evidencias que indican que la suplementación con vitamina C (500 mg/d), cuando se realiza ejercicio intenso, puede disminuir la incidencia de infecciones de las vías respiratorias altas y por tanto mejora de la inmunidad¹²⁶. El umbral mínimo de suplementación recomendado por la EFSA, para el mantenimiento del sistema inmunitario, durante y después de un ejercicio físico intenso, es de 200 mg/día.

Vitaminas liposolubles

Vitamina A o Retinol

Forma parte constituyente de los pigmentos visuales y está involucrada en la visión nocturna. También es importante su función antioxidante. Participa en el sistema inmune y en el metabolismo del hierro¹²⁷.

La vitamina A se almacena en el hígado en grandes cantidades, por eso es raro un déficit de la misma. Su ingesta excesiva puede ser tóxica y producir perturbaciones metabólicas y dar clínica como vómitos, pérdida del cabello y daño hepático.

La ingesta recomendada en EEUU, como equivalentes de retinol, es de 900 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres y de 700 $\mu\text{g}/\text{día}$ en mujeres⁶¹, y de 800 $\mu\text{g}/\text{día}$ en la CE⁷⁶. En ambas recomendaciones el UL es de 3.000 μg .

El interés en su suplementación se basa en su capacidad antioxidante, pero es mayor el riesgo por su toxicidad.

No existen evidencias de que la suplementación con vitamina A mejore el rendimiento físico¹¹³.

Vitamina E o Alfa-tocoferol

Actúa como antioxidante¹²⁸ evitando la formación de radicales libres, influye en la respuesta celular frente al estrés oxidativo durante el ejercicio intenso, previene la destrucción de glóbulos rojos y parece que mejora la liberación de oxígeno al músculo durante el ejercicio¹⁰⁷. Las fibras tipo I (de contracción lenta) tienen una mayor concentración de alfa-tocoferol que las fibras tipo II.

La ingesta recomendada, como equivalentes de alfa-tocoferol, en EEUU es de 15 mg/día, con un máximo de 1.000 mg/día⁶¹. En la CE se recomienda una ingesta de 12 mg⁷⁶ y un UL de 300 mg⁶³.

Las investigaciones realizadas indican que la suplementación con vitamina E puede disminuir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio. También se estudia su posible sinergia con la vitamina C^{13,129}. Algunas evidencias sugieren que puede disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Aunque se necesitan más estudios para confirmar su papel sobre el rendimiento y la tolerancia al entrenamiento deportivo¹¹⁸ parece que su suplementación puede mejorar el rendimiento físico en altitud, en cambio no habría efectos positivos a nivel del mar.

Vitamina D o Calciferol

Incrementa la absorción del calcio y del fósforo e interviene en el crecimiento y mineralización de los huesos, la función muscular y el sistema inmune^{130,131}.

La ingesta recomendada es de 5 $\mu\text{g}/\text{día}$ como ingesta adecuada en EEUU, con un máximo de 50 $\mu\text{g}/\text{día}$ ⁶¹. Estas mismas cifras se recomiendan en la CE^{63,76}.

La suplementación con vitamina D y calcio puede prevenir la pérdida ósea en deportistas susceptibles de presentar osteoporosis.

Ningún estudio indica que mejore el rendimiento físico.

Vitamina K

Interviene en la coagulación de la sangre y también afecta al metabolismo óseo¹³².

La ingesta recomendada en EEUU es de 120 $\mu\text{g}/\text{día}$ en hombres, y de 90 $\mu\text{g}/\text{día}$ en mujeres⁶¹, y en la CE de 75 μg como ingesta recomendada⁷⁶.

La suplementación con vitamina K a dosis altas (10 mg/día) en mujeres deportistas de alto nivel

parece que mejora el balance entre la formación y la reabsorción ósea¹³³.

No existe información sobre efectos sobre el rendimiento deportivo.

Grasas

Durante muchos años el tejido adiposo ha sido considerado como un depósito inerte de grasa sin participación alguna en la síntesis ni movilización de la misma. Hoy se sabe que en este tejido existen enzimas activas, y que hay hormonas adipocinéticas o lipolíticas que tienen como función movilizar la grasa del tejido adiposo.

En reposo el músculo obtiene la mayor parte de su energía de la oxidación de los ácidos grasos libres circulantes, cuya concentración es baja, pero tienen una gran velocidad de renovación (una molécula de ácido graso no dura en la sangre más allá de dos minutos).

Durante el trabajo muscular prolongado, la proporción de grasa oxidada aumenta de una forma importante al cabo de un cierto tiempo, convirtiéndose el tejido adiposo en una fuente casi inagotable de energía: el depósito graso total puede estimarse en unas 135.000 kcal¹³⁴, suficientes para correr varias decenas de maratones seguidos.

A lo largo de la actividad física continua el sistema endocrino juega un papel fundamental ya que hay un aumento inicial de cortisol que incrementa la lipólisis y ahorra glucosa. Cuando el cortisol disminuye (en etapas intermedias de los esfuerzos prolongados), su papel en la glucogenolisis y gluconeogénesis lo asumen las catecolaminas y la hormona de crecimiento. El deportista que entrena en disciplinas de medio fondo y de fondo, al incrementar el volumen de entrenamiento, lo que hace es aumentar la eficiencia del sistema endocrino y de los ciclos metabólicos de obtención de energía a partir de los ácidos grasos¹³⁵.

Los ácidos grasos son los precursores de eicosanoides, moléculas que constituyen una de las

redes de comunicación celular más complejas del organismo. El cuerpo humano puede sintetizar los ácidos grasos de la familia Omega-9, pero no puede sintetizar los de la familia Omega-6 y Omega-3. Entre ellos está el linoleico, el araquidónico y el linolénico. Los vegetales en cambio, pueden sintetizar los de la familia Omega-6 y algunos de ellos (especialmente las algas marinas microscópicas) pueden sintetizar la familia Omega-3.

El DHA (cis-4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico) es un ácido graso altamente insaturado que pertenece a los ácidos grasos n-3 de cadena muy larga. La ingesta media de ácidos grasos esenciales (EFAs) es de 7-15 g/día, y la de araquidónico es de 100-200 mg/día¹³⁶. Sin embargo, los estudios realizados actualmente en humanos reflejan un déficit de ácidos grasos n-3 evidenciado en datos plasmáticos, membranas de plaquetas y tejidos procedentes de autopsias.

En los vertebrados como los humanos, los ácidos grasos no pueden ser transformados en glucosa por gluconeogénesis, ya que estos organismos no pueden convertir acetyl-CoA en piruvato, por ello, conceptualmente, la energía necesaria para la realización de esfuerzos deportivos debe provenir, mayoritariamente, de los carbohidratos.

Se han realizado estudios sobre la adaptación a corto plazo de deportistas a una dieta rica en grasas y baja en HC. Los resultados demostraron que, aunque los deportistas de competición pudieron realizar ejercicios aeróbicos de alta intensidad con tasas de oxidación de grasas muy elevadas, éstas por sí solas no pueden sostener el ejercicio a niveles de potencia que requieren más del 60-65% VO₂ pico, incluso en atletas altamente entrenados y adaptados a una dieta rica en grasas. Además la percepción del esfuerzo en los deportistas alimentados con este tipo de dietas ricas en grasas resultó muy superior frente a la misma carga pero con una alimentación equilibrada¹³⁷. La conclusión fue que la ingesta elevada de grasas y baja en HC no mejora el rendimiento deportivo.

Otra cuestión es si el consumo de cierto tipo de grasa, como ácidos grasos de rápida absorción,

mejora el rendimiento en esfuerzos prolongados. Sin embargo, el intento de ingerir ácidos grasos de cadena media (de rápida absorción) no ha dado resultado. Hay una razón fisiológica para ello, basada en la velocidad de renovación de los ácidos grasos disponibles para su uso energético, ya que a pesar de su pequeña concentración en sangre, su transporte entre el tejido adiposo y el resto del organismo es enormemente activo. Se calcula que en una persona en reposo se transportan diariamente unos 180 g de grasa entre el tejido adiposo y el resto de los tejidos del organismo.

Se ha observado que la disminución en la fluidez de la membrana eritrocitaria inducida por el ejercicio físico se minimiza cuando se ingiere una mezcla de vitaminas y ácidos grasos n-3, al menos en estudios realizados en caballos¹³⁸. Este último trabajo deja abierta la puerta a un doble mecanismo de acción de los ácidos grasos n-3 en relación con el estrés oxidativo potenciado por el ejercicio físico.

Una investigación¹³⁹ demostró que la ingesta continuada de 2 g de DHA por encima de tres semanas produce un incremento de la Capacidad Antioxidante Total del plasma de forma generalizada, tanto en ciclistas de nivel competitivo como en aficionados, siendo, asimismo, el daño oxidativo a lípidos menor. Todos estos datos son especialmente relevantes en el caso de deportistas aficionados, cuyo nivel de daño oxidativo es mayor al no tener entrenadas las defensas antioxidantes del organismo.

La administración de DHA en forma de éster etílico incrementa los niveles orgánicos alrededor de un 4% en 10 días (regresando a los valores previos a su administración en otros 10 días). Para saturar el plasma con 2 g/día de DHA se necesita ingerirlo diariamente durante un mes. Para saturar los tejidos se precisa un periodo de ingesta continua de alrededor de 4 meses¹⁴⁰. Hay estudios que dan la cantidad de 2 g al día de DHA durante dos meses en forma de triglicérido, como lípido estructurado, y encuentran cambios en el rendimiento deportivo¹³⁹.

OTROS COMPONENTES

Creatina

La creatina (Cr), nutriente natural que se encuentra en alimentos de origen animal, es una eficaz ayuda ergogénica nutricional para mejorar el rendimiento deportivo o el ejercicio.

La suplementación con monohidrato de creatina por vía oral aumenta la creatina total del músculo (TCr), tanto la libre (FCr) como la fosfocreatina (PCr).

Los requerimientos diarios se sitúan en torno a 2 g, de ellos, el 50% proviene de la síntesis endógena en hígado, páncreas y riñones a partir de los aminoácidos arginina, glicina y metionina y el otro 50% debe de ser aportado a través de la dieta (carnes y pescados). La síntesis endógena se halla parcialmente inhibida cuando el consumo en la dieta es elevado o bien cuando se aporta como ayuda ergogénica.

La mayor concentración de Cr en el cuerpo se encuentra en el músculo esquelético (95%). En reposo aproximadamente el 60% de la creatina existe en forma de PCr y el 40% restante es FCr.

La PCr proporciona una rápida resíntesis de ATP en el músculo, convirtiéndose en fuente de fosfato. La disponibilidad o no de la PCr supone una limitación importante en ejercicios breves y de elevada intensidad, ya que su depleción reduce la formación de ATP: la PCr es la fuente de combustible más importante para los esprinters o rachas de ejercicio de alta intensidad que duren entre 2-30 segundos¹⁴¹.

Por otro lado, la Cr atenúa la acidosis intramio-citaria que se da en el músculo en ejercicio, ya que utiliza los iones de Hidrógeno intracelulares (H⁺) para producir ATP, de modo que disminuye por este proceso la fatiga muscular.

La creatina ha de ser transportada por vía sanguínea desde los órganos de síntesis hasta la musculatura esquelética, para ello precisa transportadores. Éstos presentan gran variabilidad in-

dividual tanto en el número como en la función y su eficacia se ve regulada por la concentración de creatina (un déficit de ella acelerará este proceso, y viceversa) e incrementada por la presencia de sustancias como la insulina y la vitamina E y por el ejercicio físico¹⁴².

La suplementación con creatina aumenta el rendimiento deportivo en acciones de elevada intensidad y de corta duración que dependen fundamentalmente del sistema ATP-PCr de obtención de energía, esto es, en donde el metabolismo anaeróbico aláctico es prioritario. Alcanza eficacia máxima en aquellos ejercicios que impliquen “sprints” repetidos o episodios de esfuerzos de alta intensidad que duren entre 2-30 segundos y separados por intervalos de recuperación cortos.

La suplementación con creatina no actúa igual sobre todos los tipos de fuerza. Mientras que para las contracciones dinámicas o isotónicas su efecto está bien probado, los resultados son mucho más discutidos para la fuerza isométrica o isocinética.

Por tanto, el aporte de creatina puede mejorar todos los programas de entrenamiento que incluyan modalidades de trabajo intermitente que intercalan ejercicios de alta intensidad con períodos de recuperación breves (<1 min) y etapas largas de menor intensidad. Se ha observado mejoría en el rendimiento como resultado de protocolos de carga aguda.

A pesar de que en general no se espera un efecto ergogénico de la creatina en ejercicios en donde la obtención de energía depende de la glucólisis aeróbica o anaeróbica, no se deben olvidar los resultados de la interacción entre el entrenamiento crónico y la suplementación con creatina. De hecho, el uso continuado de creatina puede promover mayor adaptación y por tanto, mayor beneficio, si bien son necesarias futuras investigaciones que demuestren mejoras del rendimiento físico en diferentes contextos y avalen que su uso crónico no provoca alteraciones negativas para la salud de los individuos¹⁴³.

Existe gran variabilidad individual en la respuesta a la suplementación con creatina que depende

de los depósitos iniciales de PCr del individuo. Cuanto más elevados sean éstos, menor será el incremento que se experimente con el aporte de creatina. Por tanto, la eficacia será mayor en individuos menos entrenados o bien al inicio de las temporadas de carga de trabajo. Casi un 30% de la población no incrementa el contenido muscular de creatina en cantidad suficiente como para provocar cambios en el rendimiento deportivo.

El monohidrato de creatina es la forma más práctica para suplementar con creatina. Existen dos protocolos de administración de eficacia demostrada:

Protocolo de carga rápida

Se realiza en 5 días con una dosis de 20-30 g según el peso muscular de la persona (preferiblemente monohidrato alcalino) repartida en 4 tomas diarias.

Protocolo de carga lenta

Resultados similares al protocolo de carga rápida. Se lleva a cabo a lo largo de 4 semanas administrando 3 g diarios en monodosis.

La administración asociada con unos 50-100 g de hidratos de carbono de bajo índice glucémico potencia el efecto anabólico de la creatina, ya que se elevan los niveles de insulina, lo que consigue un aumento de la permeabilidad de la membrana muscular a la creatina. Mediante este proceso aumenta significativamente la creatina intramuscular total, tanto la PCr como la FCr, especialmente en aquellos individuos que consumen una dieta baja en carne.

Si durante el período de suplementación se realizan ejercicios submáximos, se optimiza la captación de Cr hasta en un 10% sobre los niveles basales. La mayor parte de la captación se realiza en los primeros momentos de la suplementación y el exceso se elimina por vía renal.

Una vez que el contenido de creatina muscular ha sido saturado se necesitan unas 4 semanas para volver a los niveles basales. Una dosis diaria de 3 g (dosis de mantenimiento) permitirá mantener niveles satisfactorios de PCr.

Es imprescindible reseñar que el músculo tiene un límite máximo de almacenamiento de creatina (en torno a 150-160 mmol/kg), por encima del cual, el exceso de creatina carece de beneficio y se excreta por vía renal, sobrecargando esta función¹⁴⁴.

La eficacia de la suplementación con creatina sólo se ha demostrado con fuerte evidencia científica en aquellos programas de entrenamiento que intercalan actividades de corta duración y muy alta intensidad con períodos largos de menor intensidad y que impliquen repetir esfuerzos máximos de corta duración con períodos de recuperación breve. Por lo tanto, las situaciones óptimas de utilización serán:

- Al inicio de entrenamiento de resistencia aeróbica (siempre que no exista sobrepeso) con el fin de conseguir un incremento en el peso magro.
- En todos aquellos entrenamientos donde se requiera que el deportista repita esfuerzos explosivos de muy corta duración y escaso período de recuperación.
- Deportes que presenten patrones de trabajo intermitente (fútbol, baloncesto, voleibol, deportes de raqueta, etc.).

Respecto a la utilización de la creatina se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A corto plazo, la suplementación con creatina se asocia invariablemente un aumento de peso de entre 600-1000 gramos debido a la retención hídrica. Este efecto se ha observado principalmente en varones. Este incremento de peso puede ser contraproducente para los deportistas que compiten en disciplinas donde la relación potencia/peso es un factor clave en el rendimiento deportivo y/o existen divisiones por categorías de peso¹⁴⁵.
- Existe evidencia de que el consumo de café reduce la eficacia de la creatina, ya que reduce la resíntesis de la PCr durante la recuperación¹⁴⁶.

- La suplementación crónica con creatina unida al entrenamiento puede aumentar la masa magra. En aquellos sujetos en los que la tasa de TCr se incrementa entorno a 20 mmoles/kg, puede intensificarse la resíntesis de PCr durante la fase de recuperación del ejercicio, esto podría mejorar el rendimiento en ejercicios máximos dinámicos relacionado con el aumento de la PCr en las fibras musculares de tipo II de contracción rápida¹⁴⁷.
- La suplementación a corto plazo con creatina y períodos de suplementación crónicos de hasta ocho semanas no se han asociado con daños en la salud del deportista¹⁴⁸, no obstante las consecuencias a mayor plazo son desconocidas. Se debe evaluar su uso con cuidado. En vista de ello, es adecuado proporcionar creatina a los deportistas solamente bajo supervisión y como parte de un plan bien organizado. Es importante destacar que se deben seguir los protocolos a las dosis de seguridad prescritas, que han demostrado ser eficaces en el aumento de los niveles de creatina muscular. Se han descrito molestias gastrointestinales cuando se ingieren cantidades muy elevadas (40 g/día)¹⁴⁹. La EFSA opina que una dosis diaria de 3 g de creatina mejora la capacidad física en caso de series sucesivas de ejercicios muy intensos y de corta duración.

Beta Hidroxi Metil Butirato

El Beta Hidroxi Metil Butirato (HMB) es un compuesto derivado de la leucina, aminoácido que, junto a metabolitos como el Ketoisocaproato (KIC), influye en el catabolismo de proteínas musculares, en la integridad de la membrana celular y en la estabilización del sarcolema¹⁵⁰.

El efecto anticatabólico de la leucina y del KIC parece estar regulado por el HMB y se ha encontrado que la suplementación con HMB o HMB con calcio (1,5 a 3 g/día) reduce los marcadores del catabolismo muscular y promueve la ganancia de masa magra y de fuerza en sujetos sedentarios al iniciar el periodo de entrenamiento¹⁵¹⁻¹⁵³. El incremento de la fuerza,

aunque de pequeña magnitud y sin modificar la composición corporal, también se ha observado en sujetos entrenados¹⁵⁴. También se ha encontrado un efecto del HMB en la diferenciación de las células musculares que imita al que provoca el factor de crecimiento insulínico (la IGF-1), al menos en cultivos celulares¹⁵⁵. Incluso se ha descrito un aumento del consumo de oxígeno (VO₂) tras la suplementación con HMB¹⁵⁶.

Pero no todos los trabajos encuentran mejora del rendimiento aeróbico o anaeróbico¹⁵⁷, o sólo demuestran que el consumo previo al ejercicio provoca un incremento menor de la lactodeshidrogenasa (LDH), lo que sugeriría cierta protección del daño muscular producido por el esfuerzo¹⁵⁸.

La interpretación de todos estos datos no es fácil debido a las limitaciones de las técnicas de evaluación y a una falta de control sobre parámetros que pueden influir en los resultados tales como el sexo, la dieta o la carga de entrenamiento. La mayoría de estos estudios se han llevado a cabo en personas no entrenadas, con lo que cabría pensar que algunas de las modificaciones experimentadas podrían deberse al entrenamiento propiamente dicho. No parece claro que la eficacia se mantenga en personas entrenadas¹⁵⁹.

La suplementación con HMB da lugar a aumentos significativos de esta sustancia en suero y en orina, pero no hay diferencias estadísticamente significativas en los marcadores sistémicos del estado anabólico/catabólico, aumento de los enzimas hepáticos, ni modificaciones en los diferentes componentes del estado de composición corporal¹⁶⁰. Sólo en pacientes oncológicos a los que se ha dado suplementos que incluyen HMB aparecen datos relacionados con mejora de la pérdida de masa muscular¹⁶¹⁻¹⁶².

La cantidad que se recomienda, en deportistas que efectúan entrenamiento de fuerza, es de 3-6 gramos por día en las comidas.

La evidencia actual sugiere que el HMB tiene un efecto menor sobre la fuerza, la composición corporal, el daño muscular y el rendimiento físico especialmente entre las personas más

entrenadas. No obstante, parece que tampoco hay efectos secundarios a nivel orgánico tras la suplementación a dosis relativamente elevadas (al menos hasta 6 gramos al día)¹⁶³.

Carnitina

La carnitina es un aminoácido sintetizado en hígado y riñones a partir de la lisina y de la metionina. Se encuentra en algunos alimentos como la carne de cordero y ternera principalmente, pero también la fracción sérica de los lácteos, el aguacate, la levadura de cerveza y el germen de trigo.

La L-carnitina o butirato (betahidroxil [gamma-N-trimetilamonio]) tiene un papel bien definido en el metabolismo intermediario. Es un elemento indispensable para la penetración de ácidos grasos de cadena larga en las mitocondrias de las células donde posteriormente se oxida. Una vez dentro de la mitocondria, la carnitina se transforma en acilcarnitina mediante la acción de la aciltransferasa. Para que los ácidos grasos experimenten la betaoxidación necesitan separarse de la carnitina, en lo que colabora otra aciltransferasa. La carnitina libre deberá abandonar la célula ayudada por la carnitina translocasa.

Por tanto, la L-carnitina, además de intervenir en la oxidación de los ácidos grasos, es una importante fuente de energía, protege a la célula de la acumulación de acil-CoA al generar acilcarnitinas y favorece la oxidación de aminoácidos de cadena ramificada.

Su aportación como ayuda ergogénica se basa en que, al ser una sustancia encargada de transportar ácidos grasos al interior de la mitocondria, podría incrementar la participación de éstos como sustrato energético en el ciclo de Krebs, con lo que disminuiría la necesidad de glucógeno lo que supondría una mayor disponibilidad de energía durante la actividad deportiva.

Diversos estudios¹⁶⁴⁻¹⁶⁷ han llegado a la conclusión de que la L-carnitina no es un quemador de grasa ya que su aporte no acelera el consumo de la grasa ni en reposo ni durante el ejercicio.

Aunque la actividad física afecta la homeostasis de la carnitina, ya que hay una redistribución de la carnitina libre y de la acilcarnitina en la célula muscular, esto no indica que se pierda carnitina, ya que su concentración muscular permanece constante; la excreción de acetilcarnitina por la orina aumenta de forma considerable.

Por tanto, actualmente no hay trabajos que evidencien que la suplementación con L-carnitina durante el ejercicio aumente el consumo máximo de oxígeno, mejore la oxidación de ácidos grasos, ahorre glucosa o retrase la fatiga muscular^{168,169}.

La dosis habitual es de 750-1.000 mg de L-carnitina 60 minutos antes de la realización de ejercicio aeróbico. Una suplementación diaria de hasta 2.000 mg es segura. En los alimentos dietéticos está permitida la adición de L-carnitina, así como su clorhidrato y L-carnitina L-tartrato.

La única forma activa de la carnitina es la L-carnitina, lo que hay que tener en cuenta ya que algunos productos comercializados contienen DL-carnitina que tiene efectos parcialmente tóxicos.

Mezclas de aminoácidos ramificados

Los aminoácidos ramificados (leucina, isoleucina y valina) siguen siendo uno de los suplementos más utilizados, a pesar de la falta de unanimidad sobre su eficacia y de que la dieta habitual de los deportistas aporta suficiente cantidad de estos aminoácidos como para cubrir sobradamente sus necesidades.

La ingesta oral de aminoácidos ramificados antes y después del ejercicio ha demostrado tener un efecto no sólo anticatabólico, disminuyendo el daño muscular inducido por el ejercicio, sino también anabólico, estimulando la síntesis proteica¹⁷⁰.

No obstante, se han llevado a cabo numerosos estudios utilizando distintos tipos de ejercicio y diferentes mezclas de aminoácidos ramificados que, en general, no han sido capaces de demostrar una mejora en el rendimiento deportivo¹⁷¹.

La mayor parte de los trabajos con humanos han utilizado aminoácidos ramificados a dosis mayores de 5 g, aún se desconoce la dosis óptima. Los estudios sobre la toxicidad de la suplementación con aminoácidos ramificados en modelos animales muestran que su uso es, en general seguro, especialmente cuando los tres aminoácidos se aportan en una relación similar a la que se encuentran en las proteínas animales¹⁷².

La composición habitual de los suplementos de aminoácidos ramificados cuando se comercializan en forma de pastillas es: 100 mg de valina, 50 mg de isoleucina y 100 mg de leucina. Una pechuga de pollo de 100 g, por ejemplo, contiene aproximadamente 470 mg de valina, 375 mg de isoleucina y 656 mg de leucina¹⁷¹.

Otros aminoácidos y sustancias nitrogenadas

Taurina

Es un AA considerado como esencial condicionado, convertible en esencial en determinadas situaciones o etapas de la vida. Es un AA sulfatado (contiene un grupo azufre en lugar de un grupo carboxilo).

El organismo lo puede sintetizar a partir de la metionina y la cisteína utilizando a la vitamina B6 como cofactor de la reacción enzimática.

Es uno de los AA más abundantes del organismo: después de la glutamina es el segundo aminoácido en forma libre que hay en mayor cantidad en el tejido muscular (cuatro veces más en las fibras tipo I), corazón, cerebro y plaquetas. Es un componente de los ácidos biliares donde se utiliza para la absorción de grasas y vitaminas liposolubles. Así mismo tiene efecto antioxidante, hay evidencias de que actúa como neurotransmisor, regulador del equilibrio homeostático del organismo, estabilizador de las membranas celulares (colabora en el paso de potasio, sodio, calcio y magnesio a través de las mismas), estimula la función inmune y participa en la desintoxicación de sustancias químicas extrañas¹⁷³.

Su interés en los deportistas se deriva de estudios que indican que la taurina actúa como “un imitador de la insulina” en el metabolismo de los HC y las proteínas, de tal forma que altas concentraciones de taurina aumentan la actividad de la insulina plasmática con lo que disminuye la glucosa sanguínea y se incrementa la reserva hepática de glucógeno. La taurina se une específicamente al receptor purificado de la insulina humana de forma que se puede afirmar que sus propiedades hipoglucemiantes se deben a la interacción con el receptor insulínico¹⁷⁴.

Todas las formas de estrés provocan agotamiento de taurina y de glutamina muscular. La taurina ha demostrado prevenir la disminución de las proteínas estructurales presentes en el músculo esquelético. Tras estudios realizados con animales, a los que se suplementaba la dieta con este aminoácido, parece observarse una relación directa entre la taurina y el incremento de la síntesis proteica, deteniéndose la tasa de catabolismo producido por el estrés o el entrenamiento intenso. También hay estudios que relacionan la ingesta de taurina con una disminución de la lesión muscular¹⁷⁵.

La taurina interviene en el mecanismo excitación-contracción del músculo esquelético, lo que significa que afecta a la transmisión de la señal eléctrica hacia las fibras musculares. Esto tiene una gran importancia para asegurar un rendimiento muscular óptimo.

Parece existir una respuesta muscular específica con respecto a la taurina ya que las fibras rápidas se afectan más que las lentas. Puesto que en el ser humano, las fibras de contracción rápida demuestran un mayor crecimiento como respuesta al entrenamiento con resistencias, se puede esperar que la taurina colabore en el crecimiento de fibras musculares cuando se unen a un entrenamiento de alta intensidad.

En cuanto a su papel como estimulador de la función inmune parece claro que la taurina defiende al organismo de bacterias, virus y agentes químicos mediante la protección de la membrana celular, estimula las células Natural

Killer y favorece la liberación de la interleukina I, ambos responsables de la respuesta inmune. La taurina, pues, actúa como un importante agente antioxidante y como tal mejora el normal funcionamiento de nuestro sistema de defensa¹⁷³.

La taurina es de utilidad en deportistas que entrenan ejercicios aerobios, para mejorar la carga de glucógeno tras agotar depósitos, recomendándose 0,5-1 g tres veces al día.

La taurina se tolera bien. No se conocen serios efectos colaterales a las dosis usuales de 1-3 gramos/día. Los pacientes con enfermedad hepática han sido tratados con taurina con hasta 18 gramos durante 6 meses (para aliviar los calambres musculares, dolorosos), sin problemas aparentes. Según la EFSA, el NOAEL (*No Observed Adverse Effects Level*) es de 1 g/kg de peso¹⁷⁶.

Glutamina

La glutamina es un AA derivado de otro que es el ácido glutámico. Es el AA más abundante en el plasma y el músculo. La síntesis de la glutamina en el músculo es mayor que la de cualquier otro AA, la razón de esta alta tasa de producción se basa en el papel de la glutamina como combustible para las células del sistema inmune y de la mucosa intestinal, participando además en la síntesis de las purinas.

Por tanto, se trata de un AA utilizado como suplemento adicional por los deportistas para mantener o mejorar la función inmune. En este sentido hay estudios que indican cómo en medios de cultivo adecuados junto con glutamina se produce un aumento de las *Lymphokine Activated Killer* e incluso se han realizado trabajos donde tras la administración de 10 g de glutamina por vía oral se encuentran disminuciones hasta del 40% de posibilidades de desarrollar una infección de vías respiratorias altas¹⁷⁷.

En los años 90 se identificaron niveles bajos de glutamina en plasma como indicador de sobreentrenamiento y fatiga. Siguiendo esta idea hay trabajos que demuestran que el entrenamiento de resistencia puede aumentar los niveles plasmáticos

cos de glutamina lo cual mejoraría la capacidad de adaptación al sistema inmune¹⁷⁸.

Otro objetivo que se busca con la administración de glutamina es mantener los niveles de proteína muscular durante los periodos de entrenamiento intensivo.

La glutamina tiene un papel importante en el metabolismo de las proteínas de ahí que pueda tener un efecto antiproteolítico en los deportistas sometidos a entrenamientos con gran destrucción muscular.

Se propone la administración de glutamina para evitar la aparición de fatiga, favorecer la recuperación de las fibras musculares, evitar procesos catabólicos en situaciones de estrés metabólico y, con ello, disminuir la incidencia de infecciones^{179,180}.

La glutamina se comercializa en forma de polvo o cápsulas para ingesta oral. Algunos protocolos indican que la ingesta se debería realizar más de 1 hora antes del entrenamiento y/o durante y después del mismo para frenar el catabolismo proteico y contribuir al anabolismo muscular. Por tanto se debería utilizar al inicio de la temporada deportiva, en entrenamientos de altas exigencias catabólicas y en temporada intercompetitiva.

Como AA que se presenta de manera natural, la glutamina se considera un complemento seguro a las dosis recomendadas. Sin embargo, en aquellas personas sensibles al glutamato monosódico deben usar la glutamina con precaución, a medida que el cuerpo metaboliza la glutamina en glutamato. De cualquier forma, parece que los efectos secundarios a corto plazo son mínimos y se conoce poco de los efectos secundarios de su uso a largo plazo.

Arginina

La L-arginina se considera un AA condicionalmente esencial, ya que es muy sensible a condiciones orgánicas de aumento de requerimientos proteicos en los cuales su síntesis, a partir de la

citrulina, puede estar comprometida. La arginina es un regulador de la expresión proteica. De hecho, la propia arginina regula de manera selectiva, y en función de su concentración, enzimas de su metabolismo¹⁸¹.

La L-arginina, un precursor del óxido nítrico, ha mostrado reducir la concentración de lactato inducida por el ejercicio y ayudar en múltiples enfermedades cardiovasculares mediante la corrección de la disfunción endotelial. Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en humanos se han realizado con un pequeño número de sujetos, lo cual no permite extraer conclusiones definitivas. De hecho, los estudios actuales sólo demuestran mejora de la capacidad aeróbica en la mitad de los estudios¹⁸².

A parte del posible efecto sobre la hiperemia inducida por el ejercicio, el óxido nítrico ha mostrado modular el metabolismo muscular, incluida la absorción de glucosa, la glucólisis y la absorción mitocondrial de oxígeno. El L-aspartato, precursor del oxaloacetato, parece incrementar la utilización de ácidos grasos libres provocando un ahorro del glucógeno, además, el L-aspartato incrementa el aclarado periférico del amonio con el consiguiente retraso de la fatiga muscular y el aumento del rendimiento de resistencia.

Aunque todavía los estudios son escasos se puede decir que la suplementación prolongada de L-arginina con L-aspartato incrementa la oxidación de grasa y reduce los niveles de lactato sanguíneo, reduce la oxidación de la glucosa así como la frecuencia cardiaca y la ventilación en ejercicios submáximos. Esto implicaría un aumento de la capacidad de trabajo submáximo y en la tolerancia al ejercicio. La suplementación de L-arginina L-aspartato en alimentos dietéticos sólo está permitida en los destinados a usos médicos especiales.

En algunos trabajos se dice que la citrulina, la arginina y la ornitina originan un descenso de los niveles de amoníaco del plasma, lo que incrementa la tolerancia por parte del organismo al ejercicio intenso. También se ha descrito que los aminoácidos citados aumentan la síntesis

muscular de glucógeno y glutamina, a la vez que disminuyen la de lactato y amoniaco¹⁸³, aunque los mismos autores indican que dicho efecto podría ser mínimo¹⁸⁴.

Se le atribuye un efecto de estimulación de la hormona de crecimiento (GH)¹⁸⁵ y de la insulina, al tiempo que actúa como precursor de la creatina. Esto se ha comprobado en administración intravenosa, aunque en forma oral el efecto no se produce por debajo de 1 a 3 g/d^{186,187}. El problema es que el ejercicio por sí mismo aumenta la hormona de crecimiento más que la ingesta de arginina y el ejercicio suplementado con arginina no la aumenta más que el ejercicio solo¹⁸⁸.

El comportamiento de la hormona de crecimiento a partir de la administración de arginina sola o combinada con otros aminoácidos en sujetos sin déficit de esta hormona muestra incremento en algún estudio¹⁸⁶, pero no en otros¹⁸⁹.

La suplementación recomendada en deportistas que se recuperan de una lesión y permanecen inactivos es de 2 a 3 g por vía oral tres veces al día.

No tiene efectos secundarios a dosis menores de 20 g/d, si bien una ingesta de este nivel sólo se justifica en un alimento dietético para usos médicos especiales en pacientes con un alto grado de estrés metabólico.

No se debe asociar a lisina ya que son competidores. Debe tomarse con precaución en personas con asma, diabéticos, pacientes en tratamiento con anticoagulantes y enfermos hepáticos. No se ha establecido su seguridad en el embarazo en dosis por encima de 20 g/d.

Ácido aspártico

El aspartato es un AA dicarboxílico glucogénico no esencial que interviene en la conversión en el hígado del amoniaco en urea.

Su empleo en el deporte se debe a su capacidad para disminuir la toxicidad del amonio en el interior de las células y a los efectos favorables ejercidos sobre el ciclo de los ácidos tricarbóxili-

cos¹⁹⁰. Los mejores efectos se han conseguido en ratas, en las que aumenta el glucógeno muscular.

La disminución de la fatiga central y periférica, la mejoría en la oxidación de los ácidos grasos y el estímulo de la motivación psicológica son las razones prácticas de su utilización por los deportistas. Según algunos estudios, dosis superiores a 7 gramos al día de L-D-aspartatos de potasio y magnesio podrían mejorar el rendimiento en los ejercicios de larga duración en personas no entrenadas y en animales¹⁹¹, aunque estos hipotéticos beneficios no son extrapolables a los deportistas^{192,193}. De hecho, hay trabajos en los que no se han encontrado beneficios sobre el rendimiento físico en actividades de alta intensidad ni ahorro de la concentración de glucógeno muscular¹⁹⁴.

Se utilizan en deportistas que entrenan ejercicios aerobios, en dosis de hasta 10 gramos máximos en un día.

Leucina

En los últimos años se ha demostrado que los AA pueden activar una vía sensible a los nutrientes en sinergia con la insulina¹⁹⁵. En este sentido, la leucina es el más eficiente de los AA¹⁹⁶ que tienen la cualidad de producir un efecto anabolizante significativo cuando actúan en sinergia con los HC, lo que provoca una respuesta insulínica.

La ventaja de la leucina (de la que deriva el HMB) es que tiene un efecto anabolizante incluso sin asociarla a otros preparados, porque parece afectar a la translación de RNA mensajero y, por tanto, a la síntesis proteica debido a la modulación de múltiples marcadores.

Se ha demostrado que las bebidas de reposición que contienen leucina, asociada a HC (malto-dextrina) y proteínas (suero de leche) tienen un importante efecto en la síntesis proteica post-ejercicio, que es superior al que se produce con bebidas de HC solos, con proteína sola, o con HC y proteína, pero sin leucina¹⁹⁷.

Durante el ejercicio aerobio se produce un significativo descenso de la leucina en el plasma

(11-30%), durante el ejercicio anaerobio también se reduce (5-8%), así como en los ejercicios de fuerza (30%). De hecho, en el músculo esquelético se produce una disminución de los niveles de leucina durante el ejercicio aerobio al mismo nivel que la del glucógeno¹⁹⁸.

La leucina es de utilidad en deportistas que entrenan ejercicios de sobrecarga, utilizando dosis de hasta 20 g/d como complemento y no se han descrito efectos secundarios por su utilización.

Colina

La colina es una amina cuaternaria saturada, precursor del neurotransmisor acetilcolina, mediador en algunas sinapsis nerviosas, elemento estructural en las células, especialmente en las membranas celulares y esencial en el metabolismo de las lipoproteínas implicadas en el transporte de las grasas. En el ejercicio de resistencia de larga duración, se comprometen varias de las vías descritas, lo que incrementa la demanda de colina como sustrato energético¹⁹⁹.

Tras el ejercicio intenso disminuyen los niveles de acetilcolina²⁰⁰, por lo que se supone que la administración de colina estimulará la síntesis de acetilcolina, disminuyendo la fatiga en deportes de resistencia, sin embargo, esto no se ha corroborado en otros estudios realizados^{200,201}.

El aporte de colina en la dieta es suficiente pero en la actividad deportiva de larga duración y de elevada intensidad, los depósitos de colina descienden significativamente y es necesaria su suplementación para mantener el rendimiento y retrasar la aparición de fatiga.

Glicina

Es un aminoácido no esencial, es decir, puede sintetizarse en el organismo utilizando diferentes rutas metabólicas.

La ingestión diaria de esta sustancia se ha relacionado con la prevención de artrosis y otras enfermedades degenerativas, además de otras patologías relacionadas con una debilidad de la

estructura mecánica del organismo, incluida la dificultad de reparación de lesiones.

La mayor parte de los estudios se están llevando a cabo con la forma molecular unida de la propionyl-L-carnitina y la glicina, esto es, la glicina propionyl L-carnitina.

La glicina propionyl L-carnitina (GPLC) actúa como antioxidante y limita la producción de los radicales libres, protegiendo al organismo contra la peroxidación lipídica. Interviene en la producción de energía, facilitando el transporte de ácidos grasos de cadena larga a la mitocondria y la eliminación de sustancias de desecho.

Distintos estudios han encontrado que la suplementación con GPLC mejora la capacidad de rendimiento anaeróbico con aumento de la potencia pico y con reducción de la producción de lactato^{202,203}.

Los efectos parecen estar directamente relacionados con la dosis (1,5-4,5 g) y hay resultados contradictorios con las dosis utilizadas^{202,204}, pero aparentemente las dosis deben determinarse específicamente para la intensidad y duración del esfuerzo²⁰².

Inosina

Es un ribonucleósido de la hipoxantina, base nitrogenada de los ácidos nucleicos pertenecientes a las purinas.

Su efecto ergogénico se basa en su capacidad de aumentar la concentración de ATP y la captación de O₂ a nivel de células musculares por estimulación de la producción del 2,3 difosfoglicerato, esencial en el transporte de moléculas de oxígeno desde las células sanguíneas hasta las musculares para la obtención de energía.

Se ha sugerido que en deportistas, tanto de disciplinas de fuerza como de resistencia, un suministro suplementario de inosina podría aumentar los niveles de ATP muscular pero los estudios realizados no encuentran mejoras en el rendimiento aeróbico ni anaeróbico²⁰⁵⁻²⁰⁷, incluso

se ha comprobado un efecto ergolítico²⁰⁶ y constatan un aumento de la concentración de ácido úrico^{205,206}.

Cafeína

La cafeína (1,3,7, trimetilxantina) es un alcaloide de la familia de las xantinas metiladas antagonista del receptor de la adenosina, que se encuentra en numerosas plantas, como el guaraná, con amplia distribución geográfica y cuyo consumo forma parte de muchas culturas en forma de infusión como café o té, en bebidas con sabor a cola, incluso como chocolate y en diversos preparados farmacológicos.

Tiene una fácil absorción oral, rectal y parenteral, alcanzando por vía oral concentraciones máximas a los 60 minutos y una vida media de eliminación de 2,5-10 horas. Su farmacocinética se ve afectada por muchos factores (alimento, fármacos, etc.) y muestra una gran variación inter-individual.

La extensa utilización de la cafeína se debe a la idea de que posee propiedades excitantes y antipsicóticas, que producen una estimulación del ánimo, y antispóricas, que disminuyen la fatiga y aumentan la capacidad de rendimiento físico²⁰⁸.

Eficacia ergogénica

Su uso como sustancia ergogénica se debe a los mecanismos de acción de la cafeína en la mejora del rendimiento físico²⁰⁹:

- Antagonismo de la adenosina y sus receptores²¹⁰.
- Estimulación del sistema nervioso central (SNC).
- Aumento de la movilización de los ácidos grasos.
- Utilización de las grasas que disminuye el uso de carbohidratos y retrasa la depleción del glucógeno.

- Secreción de β -endorfinas, que disminuyen la percepción del dolor²¹¹.
- Mejora de la función neuromuscular y de la contracción muscular esquelética²¹².
- Mejora de la respuesta termorreguladora.

La suplementación con cafeína puede optimizar el rendimiento por una combinación de efectos sobre sistemas centrales y periféricos. Parece que actúa sobre el SNC como un antagonista de la adenosina, pero también tiene un efecto sobre el sustrato metabólico y sobre la función neuromuscular². Esta mejoría del rendimiento depende, no obstante, de factores como la condición del deportista, el tipo de ejercicio realizado (modo, intensidad, duración) y la dosis de cafeína.

La cafeína ha demostrado que es efectiva en la mejora del rendimiento de diversos tipos de actividad deportiva: resistencia, actividades de alta intensidad en deportes de equipo y fuerza-potencia. Según la EFSA, la administración, una hora antes del ejercicio, de 3 mg de cafeína por kg de peso corporal incrementa la capacidad de resistencia, mientras que si se administran 4 mg/kg se reduce la percepción del esfuerzo realizado²¹³. También es efectiva en la mejora del estado de alerta, tiempo de reacción, aprendizaje motor y memoria reciente²¹⁴. Según la opinión de la EFSA, es necesario consumir una porción que contenga 75 mg de cafeína a fin de mejorar la concentración y aumentar el estado de alerta.

Mejora del rendimiento en el ejercicio aeróbico

Hay una extensa documentación científica sobre la utilidad de la cafeína en la mejora del rendimiento en el ejercicio aeróbico observada a través de diversos parámetros como aumento del tiempo de trabajo y del tiempo hasta el agotamiento, mejora del pico de consumo de oxígeno en ejercicio submáximo, y mejora de la percepción de esfuerzo, entre otros. Estos efectos se han observado en diversos deportes como ciclismo²¹⁵⁻²¹⁸, pruebas de fondo en atletismo²¹⁹, natación²²⁰, remo^{221,222} y tenis²²³.

Además existen tres meta-análisis que confirman la optimización del rendimiento aeróbico mediante la suplementación con cafeína²²⁴⁻²²⁶.

La mejora del rendimiento es más destacable en sujetos bien entrenados. En los no entrenados no se suele encontrar mejoría^{227,228}, aunque algún trabajo sí que la ha encontrado²¹⁹.

Mejora del rendimiento en el ejercicio anaeróbico

La utilización de cafeína en el ejercicio anaeróbico tiene resultados mucho menos consistentes, aunque hay diversos trabajos que encuentran mejoras en diversos aspectos del rendimiento anaeróbico, como en el "sprint" único o múltiple en ciclismo²²⁹⁻²³¹, aumento de la velocidad en el "sprint" de natación²³² o reducción de la fatiga en el "sprint" repetido en ciclismo²³³.

La cafeína mejora diversos aspectos del rendimiento en actividades de fuerza como el número de repeticiones²³⁴ o el peso de las cargas utilizadas²³⁵, aunque, al menos en sujetos no entrenados, otros trabajos no encuentran ningún beneficio²³⁶. En una amplia revisión²³⁷, se encuentra mejora del rendimiento en el ejercicio de fuerza en la mayor parte de los trabajos, aunque otros no la encuentran, lo que se achacó a diferencias en los protocolos, dosis de cafeína, nivel de tolerancia, uso previo de cafeína, nivel de entrenamiento, tamaño corporal, edad, sexo e ingesta habitual de cafeína por parte de los sujetos estudiados.

Mejora del rendimiento en deportes de equipo

También se ha demostrado mejora de diversos aspectos del rendimiento en deportes de equipo como la habilidad en el "sprint" único o repetido y el tiempo de reacción, o la mejora de la precisión en el pase de fútbol^{230, 238-241}.

Protocolos, dosis y forma de administración

En el ejercicio aeróbico se ha visto que dosis bajas y moderadas de cafeína son efectivas para la mejora del rendimiento, de tal manera que 2,1

mg/kg de peso corporal (unos 155 mg) es efectiva, 3,2 mg/kg (unos 230 mg) es más efectiva, pero el incremento hasta 4,5 mg/kg (unos 330 mg) no es más efectiva que la dosis anterior²⁴².

Administrando entre 2-9 mg/kg de cafeína²²¹ se han conseguido mejoras en ejercicios de corta duración (regata de 2.000 en remo) con reducción del tiempo en 1% y aumento de la potencia del 3%.

En general se admite que las dosis con las que se alcanzan mejoras en el rendimiento se encuentran entre los 200-300 mg (3-6 mg/kg) y deben administrarse como cafeína pura, puesto que en infusión, como café, en las mismas dosis los resultados son peores²⁴³. Existen diferencias interindividuales secundarias a su farmacocinética y a factores ambientales y genéticos²⁴⁴.

Dosis superiores a los 9 mg/kg se aproximan al valor tóxico y pueden provocar efectos secundarios como problemas gastrointestinales, insomnio, irritabilidad o arritmias y alucinaciones²⁴⁵.

La ingesta de dosis bajas de cafeína, después de un periodo sin consumo, puede producir efectos ergogénicos similares a un consumo agudo. Dosis bajas crecientes durante 3-4 días permiten mantener la intensidad del entrenamiento. Además su uso puede mejorar aspectos cognitivos, como la concentración, cuando el deportista no ha dormido bien²¹⁰.

Contenidos de cafeína en productos

Existe una amplia distribución y disponibilidad de la cafeína (infusiones, refrescos, bebidas energéticas, preparados farmacológicos como sustancia única o en asociación con otros principios). En las infusiones de café (150 ml) el contenido de cafeína es de 106-164 mg en el café convencional, de 47-68 mg en el instantáneo y de 2-5 mg en el descafeinado. En las infusiones de té (240 ml), el contenido de cafeína es de 25-110 mg en el negro y de 8-36 mg en el verde. En el chocolate negro (28 g) el contenido de cafeína es de 5-25 mg. En las bebidas refrescantes de cola, el contenido es de 35-42 mg, mientras que en las bebidas energéticas oscila entre 50 y 500 mg^{246,247}.

Hay un medicamento que contiene 300 mg de cafeína pura y varios productos en los que se encuentra en asociación con otros principios en contenidos de 30-200 mg²⁴⁸.

Consideraciones a tener en cuenta

La cafeína, en dosis habituales, presenta efectos secundarios leves como molestias gastrointestinales, ansiedad, cefalea, temblor, inquietud, nerviosismo, agitación psicomotora, dificultad de concentración, insomnio, irritabilidad, dependencia, taquicardia e hipertensión. En dosis excesivas puede favorecer la aparición de úlcera péptica, ataques epilépticos, coma e incluso la muerte^{247,249}.

Aunque la cafeína tiene un efecto diurético en reposo, éste no se produce con el esfuerzo, por lo que no existe riesgo de hipohidratación durante práctica deportiva²⁵⁰.

Antioxidantes

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que dañan las células y se asocian al denominado estrés oxidativo, relacionado con la patogénesis de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, neoplasias, etc.^{251,252}.

Los seres humanos tienen múltiples y complejos sistemas antioxidantes para protegerse de los radicales libres. Además los pueden adquirir a través de los alimentos como frutas, verduras, café y té.

La práctica de ejercicio físico aumenta el consumo de oxígeno de forma muy importante, lo que da lugar a un incremento en la producción de radicales libres, que pueden dañar los lípidos, proteínas y ADN, y producir alteraciones a nivel tisular. Además, el ejercicio provoca fenómenos inflamatorios que a su vez originan más radicales libres.

El entrenamiento deportivo, y como consecuencia la mejora de las cualidades físicas, aumenta

las enzimas antioxidantes protegiendo al organismo del estrés oxidativo.

La utilización de sustancias antioxidantes podría mejorar la protección frente a los radicales libres.

El déficit de antioxidantes parece que afecta el rendimiento físico y puede provocar la aparición de lesiones tisulares tras las sesiones de entrenamiento. El consumo de una dieta adecuada hace que el déficit de estas sustancias sea raro y la suplementación en sujetos bien nutridos no ha demostrado, de forma clara, que tenga efectos ergogénicos^{253,254}.

A continuación se analizan algunas de las sustancias antioxidantes que se postula que podrían tener efectos ergogénicos.

Coenzima Q10

Es una benzoquinona liposoluble. Actúa en la producción de ATP en la cadena de transporte de electrones y tiene un importante efecto antioxidante cuando se asocia a la vitamina E, con acción probada en pacientes con patología cardíaca^{255,256}.

La suplementación con esta sustancia (100-300 mg/día), en personas sanas no deportistas, parece mejorar el rendimiento físico y la sensación subjetiva de fatiga y reduce el daño muscular en deportistas²⁵⁷⁻²⁶⁰, pero se necesitan más estudios que confirmen estos datos.

Carotenoides

Los carotenoides están entre los pigmentos naturales más comunes, habiéndose detectado una variedad muy numerosa de los mismos. Dan la coloración roja, amarilla y naranja a las hojas, frutas y flores de los vegetales como tomates, sandías y otras frutas y verduras. Solamente pueden ser sintetizados por plantas y microorganismos, y los seres humanos los incorporan al organismo mediante la alimentación²⁶¹.

Los carotenoides de la dieta más importantes son el licopeno, la luteína y el β -caroteno que tienen

propiedades antioxidantes y actúan protegiendo a las células humanas del estrés oxidativo.

Entre los beneficios para la salud, se han sugerido efectos positivos sobre el cáncer de próstata, pulmón, tracto digestivo, patología cardiovascular y sobre el envejecimiento²⁶². Sin embargo, no hay que olvidar los resultados negativos en la utilización del β -caroteno en la prevención del cáncer de pulmón en fumadores, en los que se produjo un aumento en la incidencia de esta enfermedad²⁶³.

Respecto al ejercicio físico, el más estudiado es el β -caroteno. La suplementación con esta sustancia, sola o en combinación con otros antioxidantes, puede minimizar la peroxidación lipídica inducida por el ejercicio y el daño muscular. Esto puede ayudar a los deportistas a tolerar mejor el entrenamiento, pero se necesitan más estudios para demostrar que dicha suplementación mejora el rendimiento físico²⁶⁴.

Ácido lipoico

Es una coenzima hidrosoluble con funciones similares a las de las vitaminas del grupo B.

Tiene propiedades antioxidantes estudiadas en animales y en humanos, con potenciales efectos positivos para la salud sobre enfermedades cardiovasculares²⁶⁵, diabetes mellitus tipo II²⁶⁶ y enfermedades neurodegenerativas²⁶⁷.

No se ha demostrado acción ergogénica sobre el rendimiento deportivo, incluso un trabajo publicado en 2010 indica que la suplementación con vitamina E y ácido lipoico suprime la biogénesis mitocondrial en el músculo esquelético²⁶⁸.

Resveratrol

El resveratrol es una fitoalexina presente en las uvas y en productos derivados como el mosto y el vino, así como en otros alimentos. También se puede producir por síntesis química.

El resveratrol aumenta la captación de glucosa por el músculo esquelético, incrementa la pro-

liferación de las células precursoras con efectos positivos sobre la regeneración muscular tras lesiones, tiene una importante acción antioxidante y actúa de forma positiva sobre la vasodilatación a nivel muscular, lo que unido a los efectos encontrados en extracto de uvas sobre la disminución de la oxidación de las LDL y de la agregación plaquetaria, hace que esta sustancia tenga una influencia favorable sobre las enfermedades cardiovasculares.

Parece tener efectos similares a los provocados por la restricción calórica: aumenta el rendimiento muscular en ratones, fundamentalmente por mejora del metabolismo mitocondrial y de la capacidad antioxidante de las células. El resveratrol incrementa la resistencia de los animales al ejercicio extenuante^{269,270} y junto con ejercicio físico aeróbico ha demostrado, en ratones, su efectividad en el retraso del deterioro físico inducido por la edad²⁷¹.

Existen trabajos actuales muy prometedores realizados en animales que muestran cómo análogos sintéticos del resveratrol aumentan el rendimiento (resistencia aeróbica) en carrera, incrementan las fibras tipo I en ratones y, a la vez, protegen frente a la obesidad y mejoran la resistencia a la insulina²⁷².

Algunos autores sugieren que los polifenoles como el resveratrol y algunos flavonoides considerados como antioxidantes, muestran capacidad ergogénica y se deben tener en cuenta como suplementos dietéticos en los deportes de competición²⁷³.

Quercetina

La quercetina es un flavonol que se encuentra presente en frutas y verduras de forma abundante y que destaca por una gran actividad antioxidante.

Entre los alimentos con altas concentraciones de quercetina se encuentran las cebollas, las manzanas, las uvas, el brócoli y el té.

Parece tener aplicaciones terapéuticas en el tratamiento y prevención de enfermedades cerebro-

vasculares, ciertos tipos de cáncer, obesidad, y también presenta actividad antihistamínica.

No se ha demostrado que la suplementación con quercetina tenga efectos ergogénicos sobre el VO₂ máx, ni sobre la eficiencia de pedaleo, ni sobre la resistencia, ni sobre la percepción de esfuerzo en humanos²⁷⁴⁻²⁷⁸.

Catequinas

Las catequinas se encuentran, junto con la cafeína, en grandes cantidades en el té verde. Se han asociado con posibles efectos sobre la pérdida de peso. La primera de estas sustancias asociada con esta acción es la epigallocatequina gallatea.

Estas sustancias presentan propiedades antioxidantes y su ingesta (té verde) se asocia con una disminución en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Teóricamente tendría un efecto sobre el aumento del gasto energético por estimulación del tejido graso marrón, que aumentaría la termogénesis. Este efecto se potencia al combinar las catequinas con la cafeína. La asociación de una dieta hipocalórica junto con la ingesta de un extracto de té verde es más efectiva en la reducción de peso que la intervención únicamente con la dieta hipocalórica. El consumo de catequinas potencia los cambios sobre la grasa abdominal provocados por el ejercicio físico. Pero existen trabajos que no avalan estos datos y en los que se observa cómo la ingesta de catequinas no tiene influencia alguna sobre la pérdida de peso¹⁰⁷.

Se ha sugerido que la ingesta a largo plazo de catequinas, junto con la práctica habitual de ejercicio físico, es beneficiosa para evitar la disminución del rendimiento físico inducido por la edad. Este efecto se debería a la mejora en la función de las mitocondrias del músculo esquelético²⁷⁹.

Antocianósidos

Son polifenoles presentes en los frutos rojos como arándanos, frambuesas, zarzamoras, cerezas y en la uva moscatel. Poseen efectos antioxidantes y antiinflamatorios.

Entre los potenciales beneficios para la salud se encuentran la prevención de algunas neoplasias, envejecimiento, inflamación y diabetes, pero se necesitan más estudios que los confirmen y corroboren.

Se ha sugerido que la suplementación con antocianósidos disminuye o contrarresta el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, cuando se compara con placebo²⁸⁰⁻²⁸⁴.

Un estudio reciente indica que el zumo de cerezas, rico en polifenoles como flavonoides y antocianósidos, acelera la recuperación tras un esfuerzo intenso de fuerza isométrica y que esto podría deberse a la disminución del daño oxidativo inducido por el ejercicio²⁸⁵.

Ácido elágico

Es un polifenol natural que se encuentra en muchas frutas y verduras. Los niveles más altos de ácido elágico están en las fresas, frambuesas, arándanos y las uvas. Tiene propiedades antiproliferativas y antioxidantes.

Sus propiedades antiproliferativas se deben a su capacidad de inhibir la unión al ADN de ciertos carcinógenos. Además, como otros antioxidantes, tiene un efecto quimioprotector, reduciendo el estrés oxidativo²⁸⁶. Es antagonista de las catequinas como las que se encuentran en el té²⁸⁷.

Los posibles efectos como ayuda ergogénica se derivarían de su acción antioxidante frente al estrés oxidativo inducido por el ejercicio, en la línea de las antocianinas.

Isoflavonas

Las isoflavonas son fitoestrógenos no esteroideos con una estructura química similar a la ipriflavona, un fármaco sintético que se usa en el tratamiento de la osteoporosis. La proteína de soja es una excelente fuente de isoflavonas.

Los extractos de isoflavonas se han postulado y comercializado como poseedores de poder anabolizante, basado en estudios realizados en

mujeres sedentarias obesas post menopáusicas, en las cuales aumentaba el peso magro en extremidades.

Sin embargo no hay evidencias, en este momento, de que la suplementación con isoflavonas mejore la composición corporal, las adaptaciones al entrenamiento o el rendimiento físico en personas activas físicamente²⁷⁸.

N-Acetil-L-Cisteína

Derivado de la cisteína, participa en la conversión de la misma en glutatión, de la que es proveedor, también divide los puentes disulfuro de las mucoproteínas, por lo que fluidifica el moco, motivo por lo que se utiliza en las enfermedades respiratorias.

Presenta efectos antioxidantes en pacientes con enfermedades pulmonares y neurodegenerativas y en enfermos con SIDA.

Se ha empleado en deportistas para combatir el estrés oxidativo en deportes aeróbicos²⁸⁸⁻²⁹⁰, pero no está demostrada su acción ergogénica²⁹⁰.

Inmunomoduladores

Probióticos y prebióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que tras su ingesta ejercen beneficios para la salud, mediante la potenciación de la inmunidad celular del individuo.

Las bacterias con actividad probiótica son en general lactobacilos y bifidobacterias, *streptococcus*, ciertas clases de *escherichia* y otros organismos no bacterianos como el *saccharomyces boulardii*. Las dos especies principales utilizadas comercialmente son *lactobacillus* y *bifidobacterium*. Los probióticos se pueden obtener de los alimentos, principalmente productos lácteos (yogur y leche) y de los suplementos comerciales. Los alimentos son una mejor opción debido a los efectos sinérgicos entre los compuestos de los alimentos y cultivos probióticos²⁹¹.

Los prebióticos son sustancias de origen vegetal que, incorporadas a la dieta, llegan al intestino y pueden servir de sustrato, y por lo tanto de promotores del crecimiento, a las bacterias allí presentes. Los más eficaces son los fructooligosacáridos (FOS) y la inulina. Todos ellos se encuentran presentes en alimentos como la achicoria, la cebolla, el trigo, los plátanos, la miel y el ajo. También se pueden sintetizar artificialmente tal y como se efectúa en los preparados comerciales hidrocarbonados eficaces en la población que realiza esfuerzos intensos²⁹².

El balance ecológico de la flora intestinal puede ser manipulado mediante la ingesta de probióticos o con la de sustancias que favorezcan el crecimiento de los probióticos (prebióticos) o con ambos a la vez (simbióticos).

La eficacia de los probióticos se debe a su capacidad para fijarse a los enterocitos, lo que les permite realizar un antagonismo competitivo con gérmenes patógenos y desplazarlos. Además, los probióticos también se fijan a receptores de membrana que activan la producción de citoquinas.

Todo esto condiciona que sean capaces de cambiar la flora intestinal, produciendo ácido láctico, bacteriocinas y péptidos antimicrobianos activos frente a patógenos como el *e. coli*, *streptococcus*, *clostridium*, *bacteroides* y *salmonella*.

Con probióticos se puede llevar a cabo una estrategia de interferencia para tratar infecciones producidas por gérmenes que hayan generado resistencias a antibióticos, en pacientes inmunodeprimidos o en el paciente crítico, y en el *período ventana* del deportista de competición²⁹³.

Dentro de los potenciales efectos beneficiosos se destaca la mejoría de la salud del tracto intestinal, del sistema inmunológico, de la biodisponibilidad de los nutrientes, reducción de la intolerancia a la lactosa, disminución de la prevalencia de la alergia en individuos susceptibles y reducción de riesgo de ciertos tipos de cáncer. La EFSA opina que los cultivos vivos del yogur o de la leche fermentada mejoran la digestión de

la lactosa en personas con dificultad para digerirla y fijan como condición que contengan un mínimo de 10^8 unidades formadoras de colonias (*Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* o *Streptococcus thermophilus*) por gramo.

Los suplementos de probióticos pueden resultar beneficiosos para los deportistas fatigados, o durante tratamiento antibiótico o con una deficiencia inmunológica identificable, pero su eficacia en el rendimiento deportivo de aquellos en los que ya es óptimo aún está por establecerse^{294,295}.

La dosis efectiva oscila entre 10^9 - 10^{10} unidades formadoras de colonias por día (es decir, 1.000-10.000 millones de bacterias). Esta concentración corresponde a aproximadamente un litro de leche *acidophilus* (formulación estándar de 2×10^6 unidades vivas/ml).

El período de validez de la mayoría de los productos probióticos es de aproximadamente 3-6 semanas si se mantienen a 4°C. Si se trata de comprimidos secos (enterocápsulas), la validez de estos suplementos se establece en unos 12 meses, pero los niveles de probióticos pueden disminuir significativamente durante este tiempo.

Las recomendaciones más recientes sugieren que las especies probióticas conocidas deben introducirse gradualmente en la dieta, llegando a los niveles diarios recomendados en un período de dos a tres semanas²⁹⁶.

La concentración de bacterias en los alimentos varía mucho y algunas investigaciones indican que los productos disponibles en el mercado no contienen bacterias vivas. Por este motivo, además de dificultades para homogeneizar las dosis, conocer la viabilidad de las cepas de probióticos, falta de estandarización de la industria y problemas potenciales de seguridad, no existen en la actualidad estudios concluyentes con evidencia tipo I de su eficacia^{297,298}.

Se debe de extremar la precaución de su uso en deportistas con antecedentes de problemas del tracto gastrointestinal (enfermedad celíaca, síndrome de intestino irritable...) dado que existe riesgo de aumento de la irritabilidad intestinal²⁹⁹.

Eleuterococo (Ginseng siberiano o Eleutherococcus senticosus)

Estimula el sistema nervioso central, aumentando la capacidad de trabajo y disminuyendo la sensación de fatiga. Se emplea la raíz de la planta, la cual contiene unas sustancias llamadas eleuteranos y eleuterósidos, ambos polímeros de glucosa, a las que se atribuyen efectos inmunomoduladores, antioxidantes y endocrinos (*adrenalin-like*). Se utiliza en casos de importantes cargas físicas, que puedan condicionar gran fatiga muscular y agotamiento agudo.

Pese a que se ha sugerido que el eleuterococo incrementa la utilización de la grasa como sustrato energético, mejorando así el rendimiento deportivo tanto en trabajos máximos como submáximos, no existe en la actualidad ninguna evidencia científica de este hecho, ni de que su utilización induzca cambios en las concentraciones plasmáticas de lactato, insulina, cortisol u hormona del crecimiento³⁰⁰⁻³⁰².

Con respecto a su eficacia inmunomoduladora, existe evidencia de que el tratamiento con eleuterococo (*in vivo*) reduce la concentración en sangre periférica de linfocitos T CD8+ (inmunosupresores), e incrementa los mitógenos que estimulan la producción de linfocitos T así como de interleukina II, mejorando por tanto, la inmunidad celular. No obstante, esta sustancia no tiene capacidad para aumentar el número total de células blancas, ni la concentración de neutrófilos, monocitos o linfocitos (CD3+, CD4+, CD16+, CD20+), ni modifica la producción de radicales libres por los neutrófilos^{303,304}.

En resumen, el eleuterococo o ginseng siberiano tiene un efecto inmunoestimulante limitado, que es máximo en los períodos de actividad física intensa y continuada que pueden condicionar inmunosupresión, y en las fases precompetitivas, cuando se supone que el deportista tiene riesgo potencial de alteraciones de la inmunidad celular.

Durante los ciclos largos de entrenamiento a altas intensidades, en etapas precompetitivas se utilizan 2-4 ml (1-2 cápsulas de preparados

comerciales convencionales), media hora antes de la comida o bien media hora antes del entrenamiento

El eleuterococo tiene un escaso efecto como respuesta a un protocolo de ejercicio agudo.

Equinácea

El efecto farmacológico de esta planta se encuentra en el tallo y en las flores. Es ampliamente utilizada para prevenir o minimizar los procesos respiratorios víricos agudos. Se ha propuesto su uso para el tratamiento de algunos estados de inmunosupresión relativa en los deportistas. A pesar de haberse realizado numerosos estudios de su eficacia, los ensayos en la prevención o tratamiento de los cuadros víricos no han demostrado resultados estadísticamente significativos ni sobre la duración, ni sobre la intensidad del curso clínico del resfriado común³⁰⁵.

Uña de gato

La uña de gato habitualmente hace referencia a dos especies de *uncaria*, la *tomentosa* y la *guianensis*.

La uña de gato ha sido utilizada tradicionalmente para el tratamiento de multitud de enfermedades como la artritis, procesos oncológicos, patología gastrointestinal e incluso como anticonceptivo. En la actualidad su efecto farmacológico está focalizado en las potenciales acciones antiinflamatorias e inmunomoduladoras de sus dos principales metabolitos activos: el ácido quinóico y alcaloides penta y tetracíclicos del oxindol.

En el ámbito deportivo se utiliza en la osteoartritis degenerativa postraumática así como en ocasionales estados de inmunosupresión.

Pese haberse demostrado *in vitro* que los alcaloides pentacíclicos del oxindol favorecen la fagocitosis y poseen propiedades inmunomoduladoras, especialmente contra el factor de necrosis tumoral, así como efectos antiinflamatorios en la vía de la ciclooxigenasa 2 (COX 2), no existe en la actualidad evidencia científica de su eficacia *in vivo*³⁰⁶.

Bicarbonatos y citratos

Son sustancias alcalinizantes que actúan a modo de tampón en medio ácido. Son de utilidad en situaciones metabólicas anaeróbico lácticas, donde neutralizan el ácido láctico producido y retrasan la aparición de fatiga en esfuerzos de corta duración e intermitentes, con breves periodos de descanso^{307,308}.

Hay trabajos que constatan un efecto sobre el equilibrio ácido-base, con mejora, pero no estadísticamente significativa, en el rendimiento anaeróbico³⁰⁹ y en el rendimiento aeróbico³¹⁰, sin embargo estos efectos no se han evidenciado en algunos trabajos^{311,312}.

La respuesta a su toma depende de factores individuales y de la cantidad ingerida, con acción dosis dependiente. Se ha evidenciado su efecto positivo en esfuerzos de alta intensidad y duración (de 1 a 7 min) con una toma entre 0,3-0,5 g/kg (21-35 g para un peso medio de 70 kg), 60-90 min antes del esfuerzo³⁰⁸. Como efectos secundarios pueden presentarse vómitos, diarrea, arritmia, apatía, irritabilidad y espasmos musculares.

Ginseng

El principio activo utilizado en los preparados estimulantes corresponde a ginsenósidos (saponósidos triterpénicos) de la raíz de panax ginseng. Los efectos ergogénicos de los ginsenósidos se han relacionado tanto con la mejora del rendimiento aeróbico y del umbral de lactato, como con el incremento del consumo máximo de oxígeno, descenso de la frecuencia cardíaca y disminución de la percepción subjetiva de esfuerzo, para una misma intensidad de ejercicio.

En animales de laboratorio se ha evidenciado un aumento de la capacidad antioxidante hepática y atenuación de los efectos del estrés oxidativo inducido por el ejercicio exhaustivo³¹³.

Sobre la respuesta inmune, hay un estudio doble ciego realizado en varones sanos sedentarios que desarrollaron un trabajo físico moderado tras la administración de 1.125 mg/día de ginsenósidos

(ginseng americano-*panax quinquefolius*) durante 35 días. Se evidenció un efecto limitado sobre la respuesta inmune, sin cambios en la concentración plasmática de lactato, insulina, cortisol y hormona de crecimiento³⁰⁰.

Con respecto al aumento del rendimiento deportivo hay pocos estudios sobre la respuesta de la capacidad aeróbica y algunos resultados son contradictorios³¹⁴, aunque algún trabajo encuentra una atenuación en el nivel de creatin kinasa tras el esfuerzo³¹⁵. Sólo hay una referencia que evidencia una mejora en la resistencia al agotamiento y en el consumo máximo de oxígeno y una disminución de la presión arterial, en un estudio doble ciego con la administración de 1.350 mg de ginsenósidos (*panax notoginseng*) durante 30 días³¹⁶.

Utilizado como producto activo farmacológico la dosis media es de 200-1.500 mg/día de extracto activo (ginsenósidos, *panax ginseng*), por la mañana, durante un mes de entrenamiento.

Está contraindicado en caso de hipersensibilidad, hipertensión arterial (HTA) y estados de ansiedad o excitabilidad, con reacciones adversas de HTA, cefalea, mareo, metrorragia, ginecomastia, diarrea, erupción exantemática, nerviosismo, insomnio y edema.

Glicerol

Se le ha atribuido la capacidad de mejorar el rendimiento en ejercicios de resistencia^{317,318}, mediante el incremento de la gluconeogénesis, el mantenimiento de la hidratación, con menor pérdida de peso corporal al finalizar el esfuerzo físico, la disminución de la frecuencia cardíaca, del umbral de lactato y de la percepción del esfuerzo realizado³¹⁹. También se ha pensado que puede resultar beneficioso sobre la termorregulación ya que ayuda a disminuir la temperatura corporal, sin embargo los estudios no son concluyentes³²⁰. La tasa de transformación del glicerol en la gluconeogénesis es baja y en algún caso se ha descrito deshidratación cerebral como efecto adverso.

Los datos indican que el glicerol tiene capacidad de retención hídrica incrementando el volumen plasmático, pero sin efectos significativos sobre los factores de regulación de fluidos en la hidratación durante el ejercicio³²¹.

Actualmente y desde el año 2010, se incluye en la lista de sustancias prohibidas por la Agencia Mundial Antidopaje-AMA, en el epígrafe de diuréticos y otras sustancias afines, como producto expansor del plasma³²².

Condroitín sulfato, glucosamina, ácido hialurónico, árnica, bromelina

Los tratamientos farmacológicos más habituales en el campo de la medicina deportiva para las condropatías y las osteoartritis degenerativas, tienen como principios activos más comunes el condroitín sulfato, la glucosamina y el ácido hialurónico, solos o en diferentes combinaciones. Todo ello permite pensar que en los próximos años se podrá iniciar el estudio de la combinación de estas moléculas y su especialización a nivel de la articulación.

En numerosos ensayos clínicos estos tres principios activos han demostrado eficacia, tanto para el tratamiento sintomático a largo plazo (SYSA-DOA o *symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis*), como en el tratamiento etiopatogénico de la enfermedad osteoartítica (SDMOAD o *structure disease modifying osteoarthritis drugs*)³²³⁻³²⁵. Existen evidencias de que estos medicamentos son eficaces en el tratamiento sintomático de dichas patologías y también altamente seguros. Este último punto es clave en el tratamiento crónico de la patología condral, ya que se reducen los efectos adversos y las posibles interacciones con otros fármacos.

Condroitín sulfato

El condroitín sulfato forma parte del grupo de los glucosaminoglucanos (proteoglucanos), importantes constituyentes estructurales de la matriz extracelular del cartílago, al que contribuyen a aportar sus cualidades mecánicas y elásticas, gracias a la propiedad de retención de agua, que

permite que el cartílago articular se estire cuando se encuentra sometido a fuerza mecánica.

En las enfermedades articulares degenerativas la fase clave del deterioro es la pérdida de proteoglicano del cartílago y la subsecuente exposición de la red de colágeno a un mal funcionamiento mecánico.

El condroitín sulfato es un fármaco eficaz y seguro que produce la disminución o desaparición de los síntomas del dolor condral y mejora la impotencia funcional y el movimiento de las articulaciones afectadas, con una actividad que perdura durante 2 o 3 meses.

La eficacia del condroitín sulfato en la persona que realiza actividad física se debe a los siguientes mecanismos de acción: actividad antiinflamatoria en los componentes celulares de la inflamación, estimulación de la síntesis de proteoglicanos y ácido hialurónico endógeno, reducción de la actividad catabólica de los condrocitos y efecto protector de los componentes celulares del cartílago. Además reduce la hinchazón y/o el derrame articular.

Existen evidencias de un aumento de la eficacia con la combinación terapéutica del condroitín sulfato y la glucosamina^{326,327}.

La dosis recomendada es de 800 mg al día, monodosis durante un periodo inicial de 3 meses, preferiblemente tras las comidas.

Dado que se trata de un SYSADOA, el inicio de acción de condroitín sulfato es algo lento, entre 2-3 semanas, aunque eventualmente alcanza la misma eficacia que los antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y además presenta un efecto remanente por el cual su efecto se mantiene hasta 2-3 meses después de la supresión del tratamiento.

La seguridad de este fármaco es de especial interés en un tratamiento crónico (tratamiento continuado y/o en ciclos) como es el de la enfermedad artrósica. Teniendo en cuenta que la estructura del condroitín sulfato es idéntica a la del

condroitín sulfato endógeno, sustancia natural del tejido conectivo humano, la administración exógena de condroitín sulfato de origen natural no posee toxicidad en sí mismo.

El condroitín sulfato presenta la ventaja de ser un fármaco mucho más seguro que la terapéutica clásica utilizada, pues no tiene efectos adversos gastrointestinales, hepáticos, renales o cardiovasculares como la mayoría de AINE, por lo que puede administrarse de forma crónica (como esta patología requiere), actuando como tratamiento de base.

Sulfato de glucosamina

El sulfato de glucosamina es un principio activo de origen biológico presente en el organismo humano y sintetizado a partir de la quitina que se extrae de las conchas y/o caparazones de crustáceos. La glucosamina es el sustrato para la biosíntesis de los proteoglicanos del cartílago.

La acción terapéutica del sulfato de glucosamina se debe a que favorece la síntesis de proteoglicanos en los cartílagos articulares y, así mismo, posee una actividad antiinflamatoria independiente de la ciclooxigenasa, de ahí la buena tolerancia gastrointestinal y sistémica³²⁸.

Se utiliza una monodosis de 1.500 mg al día durante un periodo inicial de 3 meses, preferiblemente tras las comidas.

Las características de seguridad de este fármaco así como los de su inicio de acción, duración de la eficacia terapéutica e incremento de la efectividad en asociación con el condroitín sulfato son similares a las comentadas para el condroitín sulfato^{326,327}.

Ácido hialurónico

El ácido hialurónico pertenece a la familia de los glucosaminoglicanos. Es uno de los componentes principales de la matriz extracelular del cartílago y de las capas superficiales de la membrana sinovial y está presente en elevadas concentraciones en el líquido sinovial, proporcionándole vis-

coelasticidad. Es un elemento fundamental para mantener sus propiedades lubricantes y amortiguadoras, de hecho, en numerosas patologías condrales, la cantidad de ácido hialurónico en el líquido sinovial y en el cartílago es insuficiente, por lo que su calidad está alterada.

El efecto farmacológico es en forma de implante intraarticular, con el fin de mejorar la movilidad de las articulaciones con superficie degenerativa del cartílago y las alteraciones en el líquido sinovial.

Existen varios ácidos hialurónicos que pueden o no tener los mismos efectos clínicos debido a su distinta procedencia, distinta concentración, distinta posología y, sobre todo, distintos pesos moleculares³²⁹.

Los más ampliamente utilizados son los que presentan un peso molecular en el rango de 500-1.000 kDa (kilodalton) ya que generalmente son más eficaces en la reducción de los índices de inflamación sinovial y restauración de las propiedades del líquido sinovial que los ácidos hialurónicos con un peso molecular > 2.300 kDa.

La utilización de ciclos de terapia con 5 inyecciones de ácido hialurónico de peso molecular 500-730 kDa ha demostrado mejorar significativamente los síntomas de la artrosis, como son el dolor y la impotencia funcional, persistiendo el efecto durante al menos 6 meses después de la finalización del tratamiento. En algunos casos la mejoría se ha evidenciado hasta 12 meses e incluso más (efecto remanente)³³⁰.

Árnica

El *Árnica montana* es el remedio homeopático más utilizado en las lesiones de partes blandas en traumatología deportiva, tanto en aplicación tópica como intralesional. También es la sustancia homeopática más estudiada en ensayos clínicos³³¹. A pesar de la universalidad de su uso, en el momento actual aún hay controversia sobre la eficacia de los preparados homeopáticos que contienen esta sustancia, con numerosos estudios con datos desalentadores, debido a graves defectos metodológicos.

La conclusión que se puede extraer después de la búsqueda de investigaciones que demuestren alguna evidencia científica de su uso es que el árnica en su aplicación tópica y/o administrada por vía oral y sublingual no es eficaz más allá de un efecto placebo según ensayos clínicos rigurosos³³².

Con respecto a su utilización intralesional los resultados, pese a ser más esperanzadores en términos de aceleración de la remisión de las lesiones de partes blandas y reducción del tiempo de recuperación, siguen sin tener una evidencia científica importante³³³. No obstante, cada vez se está utilizando más la aplicación del árnica intralesional como vehículo de otras terapias, entre las que se encuentran los factores de crecimiento celular, con resultados excelentes³³⁴.

Bromelina

La bromelina es una endoproteinasa, cisteinproteasa. Las proteasas son enzimas que presentan efectos antiinflamatorios y antiedematosos gracias a su capacidad para iniciar el catabolismo proteico a través de la hidrólisis de los enlaces peptídicos que unen los aminoácidos en una cadena polipeptídica. La fuente de obtención de este enzima es el extracto de piña.

Su acción antiedematosa se debe a que la bromelina digiere la fibrina, permitiendo así la eliminación del edema. Por otro lado, aumenta el tiempo requerido para la conversión de protrombina en trombina y activación del plasminógeno para transformarlo en plasmina. De esta manera previene la formación de fibrina y, por lo tanto, del edema.

Su acción antiinflamatoria es consecuencia de la inhibición selectiva que ejerce la bromelina sobre la generación de tromboxano (proinflamatorio) desequilibrando la relación Tromboxano/ Prostaciclina (PGI₂) a favor de la prostaciclina (antiinflamatoria). Así mismo, es capaz de disminuir los niveles de Ciclooxygenasa2 (COX2), reduciendo la inflamación por inhibición de la cascada del ácido araquidónico³³⁵.

En el campo de la medicina deportiva sus indicaciones están encaminadas fundamentalmente a prevenir o a conseguir la disminución del dolor, el edema y la subsecuente pérdida de fuerza tras la realización de trabajo físico con cierto componente excéntrico.

Esta suplementación es especialmente eficaz cuando el componente de retención hídrica es importante (series de carga aguda con creatina, segunda fase del ciclo menstrual de las deportistas, terapia hormonal con anovulatorios, etc.).

El tratamiento con bromelina puede ser útil en individuos que practican una actividad deportiva que requiere altos niveles de fuerza, con posibilidad de condicionar daño muscular³³⁶ y dolor muscular de aparición tardía (DOMS), que también pueden producirse durante los entrenamientos de resistencia.

El protocolo de utilización es de 100 mg previos al esfuerzo y 50 mg tras finalizar el mismo, al inicio de la temporada deportiva y/o siempre que se vaya a realizar una modificación importante en el sistema de entrenamiento rutinario, con aumento en el volumen o en la intensidad, como sucede en los cambios de mesociclos deportivos.

Su eficacia será mayor cuanto menos adaptado esté el individuo a las cargas de trabajo (deportistas noveles, inicios de temporada deportiva o individuos sedentarios o con bajo nivel de forma física al comienzo de su programa de entrenamiento).

No está demostrada su eficacia cuando se administra con las comidas. Es conveniente tomarla al menos 1 hora antes o después de éstas, ya que de otra manera tiende a actuar como enzima digestivo y disminuir sus resultados terapéuticos³³⁷.

EVIDENCIAS DE CONSENSO

Solo se reseñan en la Tabla 2 las sustancias que presentan suficientes evidencias científicas para

ser recomendadas como ayudas ergogénicas en el deporte. Las no reseñadas carecen de evidencia científica o no están recomendadas.

TABLA 2.
Tabla de evidencias de consenso

Sustancia	Evidencia científica	Grado de evidencia
ALIMENTACIÓN GENERAL		
	- No tomar suficiente cantidad de calorías y el tipo adecuado de macronutrientes puede dificultar o impedir la adaptación al entrenamiento del deportista.	A
	- Los deportistas que consumen una dieta equilibrada con la energía suficiente pueden aumentar la adaptación fisiológica al entrenamiento.	A
	- Mantener un consumo energético insuficiente durante los entrenamientos puede producir pérdida de masa muscular, de fuerza y un aumento de la susceptibilidad para padecer ciertas enfermedades.	A
HIDRATOS DE CARBONO (HC)		
	- El consumo de HC en la comida pre-ejercicio supone la mejora del rendimiento deportivo.	A
	- El consumo de HC durante el ejercicio de más de una hora de duración produce una mejora en la respuesta metabólica y un aumento del rendimiento deportivo.	A
	- El consumo de dietas con alto contenido de HC (> 65% del aporte energético; 0,8-1,0 g de CH/ kg) durante el periodo de recuperación aumenta las concentraciones plasmáticas de glucosa y de insulina y aumenta la resíntesis de glucógeno muscular.	A
	- Es importante tomar carbohidratos durante el ejercicio físico, particularmente en esfuerzos superiores a 1 hora, así como inmediatamente después de finalizado.	A
	- La administración de HC en los primeros 30 minutos después de finalizado el ejercicio, y su administración cada 2 horas hasta alcanzar las 6 horas posteriores al término de la actividad deportiva consigue altos niveles de glucógeno muscular y hepático.	A
	- El tipo de HC afecta a la síntesis de glucógeno después del esfuerzo. La glucosa con fructosa es más efectiva que la fructosa sola.	A
BEBIDAS PARA EL DEPORTISTA CON HC Y ELECTROLITOS		
	- La reposición más importante en relación con el esfuerzo físico es el restablecimiento de los fluidos perdidos.	A
	- La actividad física aumenta la producción de sudor, lo que produce pérdida de agua y electrolitos, especialmente en condiciones adversas de termorregulación.	A
	- La deshidratación disminuye el rendimiento deportivo.	A
	- Las bebidas especialmente diseñadas para el deportista aumentan el rendimiento deportivo.	A
	- Ante una elevada tasa de sudoración, la rehidratación con agua sola no resuelve el problema e incluso puede agravarlo por una hiponatremia.	A
	- El sodio es el único ión que ha demostrado su eficacia en estudios de reposición de líquidos.	A

Sustancia	Evidencia científica	Grado de evidencia
	- El aporte de carbohidratos en las bebidas de rehidratación mejora el rendimiento del deportista.	A
	- Tanto la adecuada osmolalidad de la bebida como la correcta concentración en hidratos de carbono y sodio, y el beber la cantidad adecuada son factores claves para un rápido vaciado gástrico y una absorción óptima.	A
	- La carga energética de la bebida es muy importante, por lo que hay que respetar que las bebidas no sobrepasen las 350 kcal/l para evitar un vaciado gástrico lento y una restitución hídrica insuficiente.	A
	- La presencia de proteínas en las bebidas para después de un entrenamiento o competición favorece el anabolismo muscular.	A
	- En el caso de las bebidas para recuperar el líquido y los elementos perdidos después del esfuerzo, recomienda ir a los niveles altos, tanto de energía (300-350 kcal/l) como de sodio (40-50 mmol/l).	A
	- Es conveniente añadir el ión potasio en las bebidas de reposición tras el esfuerzo físico ya que ayuda a retener el agua en el espacio intracelular, aunque su concentración no debe ser superior a 10 mmol/l.	B
	- La ingesta de bebidas diversas favorece una mayor rehidratación al aumentar la ingesta hídrica (mayor apetencia).	B
	- La temperatura óptima del líquido a beber es de 15 a 22º C.	B
	- Puede ser conveniente la presencia de antioxidantes en las bebidas de reposición.	C
PROTEÍNAS		
	- Existe una relación causa-efecto entre la ingesta diaria de proteínas y el aumento o mantenimiento de la masa muscular.	A
	- La fracción proteica del suero de leche tiene un marcado carácter anabólico.	A
	- Las proteínas del suero de leche aumentan el depósito de glucógeno por lo que tienen un papel importante tras la realización de esfuerzos de larga duración.	A
MINERALES		
	- Las recomendaciones de ingestas diarias en minerales para la población en general son extensibles para quienes realizan actividad física o practican deporte.	A
	- Los límites máximos de seguridad ULs establecidos para la población en general son extensibles para quienes realizan actividad física o practican deporte.	A
	- Pueden ser necesarios suplementos para los deportistas que restringen de forma severa el consumo de energía mediante la eliminación de algún grupo de alimentos, con el fin de perder peso.	A
	- Pueden ser necesarios suplementos para los deportistas que consumen dietas de alto contenido en carbohidratos con densidad baja de micronutrientes.	A
	- Los deportistas no necesitarán suplementos minerales si se consume energía suficiente para mantener el peso corporal adecuado mediante alimentación variada y equilibrada.	C

Sustancia	Evidencia científica	Grado de evidencia
VITAMINAS		
	- Para las vitaminas son aplicables también las evidencias comentadas en los minerales.	
	- La suplementación no mejora el rendimiento, si el deportista tiene una ingesta normal.	A
Cobalamina más Piridoxina	- Existe un estudio de 1989 en el que dosis elevadas de esta sustancia junto con la Piridoxina podría disminuir la ansiedad y mejorar las habilidades motoras, por lo que se podría utilizar en deportes como el tiro.	C
Vitamina C	- La suplementación (200-500 mg/d) puede mejorar el sistema inmune cuando se realiza ejercicio intenso, disminuyendo la incidencia de infecciones de las vías respiratorias altas.	B
Vitamina E	- Parece que podría disminuir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, y que podría mejorar el rendimiento en altitud.	C
LÍPIDOS		
	- El deportista que entrena en disciplinas de medio fondo y de fondo, al incrementar el volumen de entrenamiento, aumenta la obtención de energía a partir de los ácidos grasos.	A
	- En la dieta, la ingesta elevada de grasas y baja en HC no mejora el rendimiento deportivo.	A
	- La presencia en la dieta de lípidos estructurados de cadena larga disminuye la utilización de carbohidratos durante el esfuerzo.	B
	- La toma de ácidos grasos de cadena media durante el esfuerzo físico no aumenta el rendimiento deportivo.	B
	- La ingesta continuada de 2 g de DHA por encima de tres semanas produce un incremento de la Capacidad Antioxidante Total del plasma en las personas que realizan actividad física.	B
CREATINA		
	- La creatina aumenta el rendimiento durante los deportes anaeróbicos, en ejercicios de alta intensidad.	A
	- La creatina aumenta el rendimiento durante los deportes aeróbicos.	B
BETA-HIDROXI-METIL-BUTIRATO		
	- La suplementación con HMB reduce el catabolismo muscular y promueve la ganancia de masa libre de grasa y la fuerza en el inicio del periodo de entrenamiento.	C
AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS		
	- La ingesta oral de aminoácidos ramificados antes y después del ejercicio tiene un efecto anticatabólico y disminuye el daño muscular inducido por el ejercicio.	B
	- La ingesta oral de aminoácidos ramificados tiene un efecto anabólico y estimula la síntesis proteica.	B

Sustancia	Evidencia científica	Grado de evidencia
OTROS AMINOÁCIDOS		
Taurina	- La taurina interviene en el mecanismo de excitación-contracción del músculo esquelético y mejora la transmisión de la señal eléctrica hacia las fibras musculares. Esto asegura un rendimiento muscular óptimo.	B
	- Altas concentraciones de taurina aumentan la actividad de la insulina plasmática con lo que disminuye la glucosa sanguínea y se incrementa la reserva hepática de glucógeno.	C
	- Hay estudios que relacionan la ingesta de taurina con una disminución de la lesión muscular durante la actividad física.	C
	- La taurina actúa como un importante agente antioxidante y mejora el normal funcionamiento del sistema de defensa del organismo humano.	B
Glutamina	- La glutamina tiene un efecto antiproteolítico en los deportistas sometidos a entrenamientos con gran destrucción muscular.	B
	- La glutamina <i>in vitro</i> favorece la recuperación de las fibras musculares, evita procesos catabólicos en situaciones de estrés metabólico y disminuye la posibilidad de infecciones.	B
L-arginina con L-aspartato	- La suplementación prolongada de L-arginina con L-aspartato incrementa la oxidación de grasa y reduce los niveles de lactato sanguíneo, la oxidación de la glucosa así como la frecuencia cardíaca y la ventilación en ejercicios submáximos. Esto implica un aumento de la capacidad de trabajo submáximo y un incremento en la tolerancia al ejercicio.	C
Citrulina, la arginina y la ornitina	- La citrulina , la arginina y la ornitina originan un descenso de los niveles de amoníaco del plasma, lo que incrementa la tolerancia por parte del organismo al ejercicio intenso.	C
Leucina	- Durante el ejercicio aerobio se produce un significativo descenso de la leucina en plasma (11 al 30%), durante el ejercicio anaerobio también (5 al 8%) así como en los ejercicios de fuerza (30%).	B
Glicina propionyl L-carnitina (GPLC)	- La suplementación de glicina propionyl L-carnitina (GPLC) puede incrementar el umbral anaeróbico, reducir la producción y acumulación de ácido láctico en deportistas de resistencia, mantener el contenido de carnitina muscular en reposo y aumentar la producción de óxido nítrico, con lo que se mejora el rendimiento y la recuperación tras el ejercicio físico.	B
CAFEÍNA		
	- La administración de cafeína en dosis de 200-300 mg (3-6 mg/kg) mejora el rendimiento en las actividades de resistencia.	A
	- La administración, una hora antes del ejercicio, de 3 mg de cafeína por kg de peso corporal incrementa la capacidad de resistencia, mientras que si se administran 4 mg/kg se reduce la percepción del esfuerzo realizado.	A
	- La administración de cafeína es efectiva en la mejora del estado de alerta, la concentración, el tiempo de reacción, el aprendizaje motor y la memoria reciente.	A
	- La toma de cafeína mejora diversos aspectos del rendimiento en deportes de equipo como la habilidad en el "sprint" único o repetido y el tiempo de reacción, o la mejora de la precisión en el pase de fútbol.	A

Sustancia	Evidencia científica	Grado de evidencia
ANTIOXIDANTES		
	- La práctica de ejercicio físico aumenta el consumo de oxígeno de forma muy importante, lo que da lugar a un incremento en la producción de radicales libres.	A
	- El entrenamiento deportivo, y como consecuencia la mejora de las cualidades físicas, aumenta las enzimas antioxidantes protegiendo al organismo del estrés oxidativo.	A
	- El déficit de antioxidantes parece que afecta el rendimiento físico y puede provocar la aparición de lesiones tisulares tras las sesiones de entrenamiento.	A
Coenzima Q10	- La suplementación con coenzima Q10 (100-300 mg/día) mejora el rendimiento físico y la sensación subjetiva de fatiga en sedentarios sanos no deportistas y reduce el daño muscular en deportistas bien entrenados.	B
β -caroteno	- Las investigaciones indican que la suplementación con β-caroteno solo o en combinación con otros antioxidantes, puede minimizar la peroxidación lipídica inducida por el ejercicio y el daño muscular.	C
Antocianósidos	- Un estudio reciente indica que el zumo de cerezas, rico en polifenoles como flavonoides y antocianósidos , acelera la recuperación tras un esfuerzo intenso de fuerza isométrica y que esto podría deberse a la disminución del daño oxidativo inducido por el ejercicio.	C
PREBIÓTICOS Y PROBIÓTICOS		
	- Los probióticos resultan beneficiosos en deportistas con deficiencia inmunológica identificable o durante tratamiento antibiótico.	B
BICARBONATOS Y CITRATOS		
	- La administración de bicarbonatos y citratos en esfuerzos de alta intensidad y duración de 1-7 min a dosis entre 0,3 - 0,5g/kg, 60-90 min antes del esfuerzo retrasan la fatiga mejorando el umbral de lactato.	B
GINSENG		
	- La administración de 1.125 mg/día de ginsenósidos (<i>panax quinquefoliu</i>) durante 5 semanas practicando ejercicio moderado, tiene un efecto limitado sobre la respuesta inmune sin cambios en la concentración plasmática de lactato, insulina, cortisol y hormona de crecimiento.	B
	- La administración de 1.350 mg/día de ginsenósidos (<i>panax quinquefoliu</i>) durante 1 mes mejora la resistencia al agotamiento, el consumo máximo de oxígeno y disminuye la presión arterial.	B
CONDROITIN SULFATO, MUCOPOLISACÁRIDOS, ÁRNICA Y BROMELINA		
SYSADOA	- Los SYSADOA o (<i>symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis</i>) son eficaces en el tratamiento etiopatogénico de la enfermedad osteoarttrítica.	A
Bromelina	- La bromelina es eficaz para prevenir la citolisis producida por el trabajo excéntrico.	B

RECOMENDACIONES PARA EL DEPORTISTA QUE ENTRENA Y COMPITE

Recomendación nº 1

Se recomienda al deportista consumir una dieta adecuada y equilibrada en cantidad y calidad para optimizar la adaptación a los entrenamientos. Es muy importante la regularidad en la ingesta de alimentos y el ajuste correcto con los horarios de entrenamiento o competición.

Recomendación nº 2

Se recomienda el consumo de HC antes, durante y después de la realización de ejercicio físico, en casos de esfuerzos intensos y de más de 1 hora de duración.

Recomendación nº 3

Para optimizar la recuperación del glucógeno muscular gastado durante la actividad física se recomienda ingerir 6-8 gramos de HC por kg de peso y día.

Si el entrenamiento es muy largo (más de dos horas) o de gran intensidad es conveniente incrementar el consumo de HC hasta 10 g/kg peso/día. En entrenamientos extremos puede ser necesario aumentar la ingesta hasta 12 g/kg peso/día.

Recomendación nº 4

Se recomienda tomar 0,8-1 g de HC por kg de peso y hora, durante las 4 horas posteriores a la finalización de un ejercicio muy intenso.

Recomendación nº 5

Se recomienda beber líquidos antes, durante y después de la realización de ejercicio físico. Es fundamental que la persona que practique una actividad deportiva esté hidratada de forma correcta durante todo el día.

Recomendación nº 6

Se recomienda beber entre 250 y 500 ml de agua o bebida para el deportista dos horas antes del inicio de la actividad deportiva. Si el ambiente es caluroso y húmedo, es conveniente consumir al menos medio litro de líquido con sales minerales durante la hora previa al comienzo de la competición, dividido en cuatro tomas: es decir aproximadamente 200 cc de la bebida elegida cada 15 minutos. Si el ejercicio a realizar va a durar más de una hora, también es recomendable añadir hidratos de carbono a la bebida, especialmente en las dos últimas tomas.

Recomendación nº 7

Durante el entrenamiento o competición la cantidad de líquido a beber depende de la tasa de sudor de cada deportista, por eso se recomienda que las personas que entrenan de forma habitual controlen su peso antes y después del esfuerzo físico, para conocer su necesidad de fluidos. También puede ser útil observar la cantidad y coloración de la orina, que puede dar una idea aproximada del grado de deshidratación.

Recomendación nº 8

Si se desconoce la tasa de sudoración, durante el entrenamiento o competición, se recomienda tomar entre 200-300 cc de líquido cada 15-20 minutos (un volumen de aproximadamente 800 ml/h) como mínimo. Si el ambiente es muy caluroso y húmedo, hay que beber más.

Recomendación nº 9

Durante el ejercicio se recomienda empezar la reposición de fluidos a los 15 minutos del comienzo de la actividad y seguir bebiendo cada 15-20 minutos. En entrenamientos o competiciones que duran más de una hora, o en los que aunque cortos o intermitentes, son muy intensos, se recomienda beber líquidos que contengan sodio en el rango de 20 mmol/l (460 mg/l) y 50 mmol/l (1.150 mg/l) en función del calor, intensidad y duración del esfuerzo realizado.

Recomendación nº 10

Las bebidas para deportistas utilizadas durante los entrenamientos o en la propia competición, deben tener un nivel calórico de entre 80 kcal/l y 350 kcal/l, de las cuales, al menos el 75% deben provenir de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y, en menor medida, fructosa. Las diferencias de rango se establecen en función de las características del deporte, de las condiciones ambientales y de la propia individualidad del deportista (tolerancia, etc.). Estas bebidas deberían ser isotónicas (270-330 mOsm/kg agua) o ligeramente hipotónicas (200-270 mOsm/kg agua).

Recomendación nº 11

Al finalizar el ejercicio hay que seguir bebiendo para reponer todo el fluido perdido. Se recomienda que la bebida contenga sodio, hidratos de carbono, proteínas y potasio.

Las bebidas de reposición, utilizadas después del entrenamiento o la competición, deben tener un contenido calórico entre 300 kcal/l y 350 kcal/l, de las cuales, al menos el 75% deben provenir de carbohidratos de alta carga glucémica como glucosa, sacarosa, maltodextrinas y, en menor medida, fructosa, con un contenido de ión sodio en el rango de 40 mmol/l (920 mg/l) y 50 mmol/l (1.150 mg/l). Asimismo, deben aportar ión potasio en el rango de 2-6 mmol/l, y cierta cantidad de proteínas (1,5%).

La reposición de los líquidos perdidos debe hacerse de forma gradual, durante las horas siguientes al término del esfuerzo físico. La variedad de bebidas, el buen sabor y la temperatura (entre 18 y 22° C), facilitan su consumo y que se alcance una rehidratación óptima.

Recomendación nº 12

Aunque las necesidades proteicas dependen mucho del deporte practicado y las características individuales de cada uno, en general se recomienda que el deportista ingiera mayor cantidad

de proteínas que las cantidades aconsejadas a la población general. Se puede considerar una cifra entre 1,2 y 1,8 g/kg/día.

Recomendación nº 13

Debido a la presencia de grasa en la mayor parte de las fuentes proteicas de nuestra alimentación, una buena manera de aumentar la ingesta de proteínas sin incrementar la de grasa, es tomar productos en forma de concentrados proteicos.

Recomendación nº 14

Si se precisa un aumento o mantenimiento de la masa muscular se necesita un ingreso proteico diario adicional y la fracción proteica del suero de leche tiene un marcado carácter anabólico.

Recomendación nº 15

Se aconseja a los deportistas cubrir las necesidades en minerales y vitaminas mediante las cantidades establecidas en las recomendaciones para la población en general sin superar los límites máximos de seguridad establecidos.

Recomendación nº 16

Se recomienda valorar la prescripción de la toma de suplementos de minerales y/o vitaminas en el caso de situaciones de dietas, tanto con restricción severa de la energía, como con elevado contenido en CH que pueden no aportar una cantidad suficiente de micronutrientes.

Recomendación nº 17

Los deportistas que realizan ejercicio de alta intensidad deberían realizar suplementación de forma regular con Vitamina C (200-500 mg/día), con el objetivo de mejorar su sistema inmune y disminuir la incidencia de infecciones de vías respiratorias altas.

Recomendación nº 18

Se recomienda que la ingesta total de grasa en la dieta sea entre un 25 y un 35% de la ingesta

energética total (dependiendo del tipo de deporte practicado y las condiciones ambientales). La ingesta de grasas saturadas no debe pasar de un 10% de las grasas totales. Las poliinsaturadas deben constituir entre 8 y el 10%, el resto deben ser monoinsaturadas. Como en la población general la proporción de ácidos grasos $n6/n3$ no debe superar el 10 a 1, siendo una cifra adecuada 5 a 1. Los ácidos grasos 'trans' no deben superar el 1% del total de la ingesta de grasa.

Recomendación nº 19

La creatina ocupa un lugar importante en la mejora del rendimiento en los ejercicios de alta intensidad y en esfuerzos de corta duración y repetitivos.

En los deportistas que realizan este tipo de ejercicios puede estar recomendado la toma de creatina. La dosis y duración de la suplementación dependerá de las necesidades individuales, y serán indicadas y controladas por un profesional.

Recomendación nº 20

Los aminoácidos ramificados, particularmente la leucina, se pueden añadir a las formulaciones de dietas pre, per y post-entrenamiento por sus especiales cualidades anabólicas sin la presencia de insulina y la rápida absorción y utilización muscular.

Recomendación nº 21

La cafeína mejora el rendimiento en las actividades de resistencia y otras cualidades como el

estado de alerta, la concentración, el tiempo de reacción, el aprendizaje motor y la memoria reciente. Además también puede mejorar diversos aspectos del rendimiento en deportes de equipo como la habilidad en el "sprint" único o repetido, el tiempo de reacción y la precisión en el pase de fútbol.

Se recomienda elegir el momento adecuado de ingestión y la cantidad precisa, a fin de conseguir la eficacia buscada y no interferir en la conciliación del sueño ni provocar nerviosismo.

Recomendación nº 22

En los deportistas que padecen síntomas de osteoartritis, como dolor e impotencia funcional, se recomienda suplementar con SYSADOA (*symptomatic slow acting drugs for osteoarthritis*) en las dosis precisas monodosis, solos o combinados, durante un periodo inicial de 3 meses, preferiblemente tras las comidas.

Recomendación 23

Siempre se recomienda la prescripción individualizada, por parte del profesional adecuado, de las sustancias con posibles efectos ergogénicos, especialmente en las que, existiendo algún grado científico de evidencia, no se han elaborado recomendaciones puntuales, ya que su efectividad puede depender de múltiples variables como son el tipo de deporte, tiempo de práctica, periodo de temporada, estado nutricional del deportista, etc.

ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

5-TH	Serotonina	ISF	Síntesis fraccional de proteínas musculares
ADN	Ácido Desoxirribonucleico	kcal	Kilocalorías
AA	Aminoácidos	kDa	Kilodalton
AARR	Aminoácidos ramificados	kg	Kilogramo
AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición	Kic	Ketoiso Caproato
ANC	<i>Apports Nutritionnels Conseilles</i>	l	Litro
ATP	Adenosintrifosfato	LDH	Lacto Deshidrogenasa
CCAH	Comité Científico de Alimentación Humana	m	Metro
CE	Comunidad Europea	mg	Miligramo
CEE	Comunidad Económica Europea	ml	Mililitro
Cr	Creatina	mmol	Milimol
DHA	Ácido Docosahexaenoico	mOsm	Miliosmol
EEUU	Estados Unidos de Norteamérica	NDA	Panel de Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias
EFA	Ácidos Grasos Esenciales	NOAEL	<i>No Observed Adverse Effects Level</i>
EFSA	Agencia Europea de Seguridad Alimentaria	NPU	Utilización Proteica Neta
FEMEDE	Federación Española de Medicina del Deporte	PCr	Fosfocreatina
g	Gramo	RER	Cociente Respiratorio en Esfuerzo
GH	Hormona de Crecimiento	SNC	Sistema Nervioso Central
h	Hora	SDMOAD	<i>Structure Disease Mortfying Osteoarthritis Drys</i>
H ⁺	Iones de Hidrógeno	SYSADOA	<i>Symptomatic Slow activity Drugs for Osteoarthritis</i>
HC	Hidratos de carbono	TCr	Creatina Total
HMB	Beta Hidroxi metil Butirato	TRP	Triptófano
IDR	Ingesta Diaria Recomendada	μM	Micromoles
IDT	Ingesta Diaria Tolerable	ULs	Límites Máximos de Seguridad
		WPC	Fracción proteica del suero de leche

BIBLIOGRAFÍA

1. **Palacios N, Montalvo Z.** *Guía de alimentos dietéticos adaptados a un intenso desgaste muscular.* Editado con la colaboración de Isostar, Nutrition et Santé Iberia SL. 2008.
2. **Jeukendrup A, Gleeson M.** *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance.* Champaigne. Human Kinetics. 2004.
3. **Palacios N, Montalvo Z, Heras E.** Alimentación, nutrición y ejercicio físico. En: *Manual de nutrición y metabolismo.* Bellido D, De Luis DA et al. Madrid. Díaz Santos. 2006.
4. **Brignole M, Alboni P, Benditt DG, Bergfeldt L, Blanc JJ, Bloch Thomsen PE, et al.** Grupo de Trabajo sobre el Síncope de la Sociedad Europea de Cardiología. Guías de Práctica Clínica sobre el manejo (diagnóstico y tratamiento) del síncope. Actualización 2004. Versión resumida. *Rev Esp Cardiol* 2005;58:175-93.
5. **Juhn M.** Popular sports supplements and ergogenic aids. *Sports Med* 2003; 33: 921-939.
6. **Rodiño Grosso C.** Complementos alimenticios y alimentos dietéticos desde una perspectiva legal: Conceptos y definiciones. En *Suplementación Nutricional.* Edición AFEPADI, Asociación de empresas de Dietéticos y Complementos Alimenticios. 2011;67-81.
7. **Diario Oficial de la Comunidad Europea (DARE).** Reglamento CE nº 178/2002 pags L31/1 y ss.
8. **Diario Oficial de la Comunidad Europea (DARE).** Directiva 2002/46 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros en materia de complementos alimenticios. 10 de junio de 2010. Pags L183/51 y ss.
9. **Directiva 2009/39/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de mayo de 2009.** Relativa a los productos alimenticios destinados a una alimentación especial. Pags. L124/21.
10. **European Commission. Health and Consumer Protection.** Report of the Scientific Committee on Food composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen (Adopted by the SCF on 22/6/2000, corrected by the SCF on 28/2/2001).
11. **Devlin JT, Williams C.** Food, nutrition and sport performance: a final consensus statement. *J Sports Sci* 1991;9:1-152.
12. **Jentjens RL, Cale C, Gutch C, Jeukendrup AE.** Effects of preexercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. *Eur J Appl Physiol* 2003;88:444-52.
13. **American Dietetic Association; Dietitians of Canada; American College of Sports Medicine, Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S.** American College of Sports Medicine position stand. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41:709-31.
14. **Schabert EJ, Bosch AN, Weltan SM, Noakes TD.** The effect of a preexercise meal on time to fatigue during prolonged cycling exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:464-71.
15. **Cramp T, Broad E, Martin D, Meyer BJ.** Effects of preexercise carbohydrate ingestion on mountain bike performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1602-9.
16. **Skein M, Duffield R, Kelly BT, Marino FE.** The effects of carbohydrate intake and muscle glycogen content on self-paced intermittent-sprint exercise despite no knowledge of carbohydrate manipulation. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:2859-70.
17. **Chryssanthopoulos C, Williams C, Nowitz A, Kotsiopoulos C, Vleck V.** The effect of a high carbohydrate meal on endurance running capacity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2002;12:157-71.
18. **Wee SL, Williams C, Gray S, Horabin J.** Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:393-9.
19. **Okano G, Sato Y, Takumi Y, Sugawara M.** Effect of 4h preexercise high carbohydrate and high fat meal ingestion on endurance performance and metabolism. *Int J Sports Med* 1996;17:530-4.
20. **Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen.** European Commission. Consultado 14/11/2011 disponible en: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out64_en.pdf.

21. **Jamurtas AZ, Tofas T, Fatouros I, Nikolaidis MG, Paschalis V, Yfanti C, et al.** The effects of low and high glycemic index foods on exercise performance and beta-endorphin responses. *J Int Soc Sports Nutr* 2011;8:15.
22. **DeMarco HM, Sucher KP, Cisar CJ, Butterfield GE.** Preexercise carbohydrate meals: application of glycemic index. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:164-70.
23. **Sparks MJ, Selig SS, Febbraio MA.** Pre-exercise carbohydrate ingestion: effect of the glycemic index on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:844-9.
24. **Kirwan JP, O'Gorman DJ, Cyr-Campbell D, Campbell WW, Yarasheski KE, Evans WJ.** Effects of a moderate glycemic meal on exercise duration and substrate utilization. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1517-23.
25. **Jeukendrup A, Brouns F, Wagenmakers AJ, Saris WH.** Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 1997;18:125-9.
26. **Sugiura K, Kobayashi K.** Effect of carbohydrate ingestion on sprint performance following continuous and intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:1624-30.
27. **Desbrow B, Anderson S, Barrett J, Rao E, Hargreaves M.** Carbohydrate-electrolyte feedings and 1 h time trial cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:541-9.
28. **Coggan AR, Coyle EF.** Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exerc Sport Sci Rev* 1991;19:1-40.
29. **Currell K, Jeukendrup AE.** Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:275-81.
30. **Smith JW, Zachwieja JJ, Péronnet F, Passe DH, Massicotte D, Lavoie C, Pascoe DD.** Fuel selection and cycling endurance performance with ingestion of [13C] glucose: evidence for a carbohydrate dose response. *J Appl Physiol* 2010;108:1520-9.
31. **McConell G, Kloot K, Hargreaves M.** Effect of timing of carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1300-4.
32. **Febbraio MA, Chiu A, Angus DJ, Arkinstall MJ, Hawley JA.** Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. *J Appl Physiol* 2000;89:2220-6.
33. **Vandenbogaerde TJ, Hopkins WG.** Effects of acute carbohydrate supplementation on endurance performance: a meta-analysis. *Sports Med* 2011;41:773-92.
34. **Triplett D, Doyle JA, Rupp JC, Benardot D.** An isocaloric glucose-fructose beverage's effect on simulated 100-km cycling performance compared with a glucose-only beverage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2010;20:122-31.
35. **Ivy JL.** Glycogen resynthesis after exercise: effect of carbohydrate intake. *Int J Sports Med* 1998;19 suppl 2:S142-5.
36. **Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF.** Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* 1988;64:1480-5.
37. **Stephens FB, Roig M, Armstrong G, Greenhaff PL.** Post-exercise ingestion of a unique, high molecular weight glucose polymer solution improves performance during a subsequent bout of cycling exercise. *J Sports Sci* 2008;26:149-54.
38. **Burke LM, Collier GR, Hargreaves M.** Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *J Appl Physiol* 1993;75:1019-23.
39. **Phillips SM, Turner AP, Sanderson MF, Sproule J.** Carbohydrate gel ingestion significantly improves the intermittent endurance capacity, but not sprint performance, of adolescent team games players during a simulated team games protocol. *Eur J Appl Physiol* 2012;112:1133-41.
40. **Patterson SD, Gray SC.** Carbohydrate-gel supplementation and endurance performance during intermittent high-intensity shuttle running. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007;17:445-55.
41. **Manonelles P.** Utilidad en el deporte de las bebidas de reposición con carbohidratos. *Arch Med Deporte* 2012;147:542-53.

42. Palacios N, Bonafonte L, Manonelles P, Manuz B, Villegas JA. Grupo de Trabajo sobre nutrición en el deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. *Arch Med Deporte* 2008;126:245-58.
43. European Food Safety Authority Panel on dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on Dietary Reference Values for water. *EFSA Journal* 2010;8:1459.
44. Roy BD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Fowles J, Yarasheski KE. Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *J Appl Physiol* 1997;82:1882-8.
45. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for protein. *EFSA Journal* 2012;10(2):2557.
46. St Clair Gibson A, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YX, Hampson D, et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med* 2003;33:167-76.
47. Newsholme EA, Blomstrand E. The plasma level of some amino acids and physical and mental fatigue. *Experientia* 1996;52:413-5.
48. Young SN, Teff KL. Tryptophan availability, 5HT synthesis and 5HT function. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 1989;13:373-9.
49. Mittleman KD, Ricci MR, Bailey SP. Branched-chain amino acids prolong exercise during heat stress in men and women. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30:83-91.
50. Blomstrand E, Saltin B. BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;281:E365-74.
51. Davis JM, Bailey SP, Woods JA, Galiano FJ, Hamilton MT, Bartoli WP. Effects of carbohydrate feedings on plasma free tryptophan and branched-chain amino acids during prolonged cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:513-9.
52. Toba Y, Takada Y, Yamamura J, Tanaka M, Matsuoka Y, Kawakami H, et al. Milk basic protein: a novel protective function of milk against osteoporosis. *Bone* 2000;27:403-8.
53. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, Wolfe RR. Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:2073-81.
54. Burke DG, Chilibeck PD, Davidson KS, Candow DG, Farthing J, Smith-Palmer T. The effect of whey protein supplementation with and without creatine monohydrate combined with resistance training on lean tissue mass and muscle strength. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11:349-64.
55. Lands LC, Grey VL, Smountas AA. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J Appl Physiol* 1999;87:1381-5.
56. Brown EC, DiSilvestro RA, Babaknia A, Devor ST. Soy versus whey protein bars: effects on exercise training impact on lean body mass and antioxidant status. *Nutr J* 2004;3:22.
57. Morifuji M, Sakai K, Sanbongi C, Sugiura K. Dietary whey protein increases liver and skeletal muscle glycogen levels in exercise-trained rats. *Br J Nutr* 2005;93:439-45.
58. Borsheim E, Aarsland A, Wolfe RR. Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:255-71.
59. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. *Ingestas recomendadas de energía y nutrientes para la población española* (revisadas y ampliadas 2011). Tablas de composición de alimentos, 15ª ed. Madrid: Pirámide. 2011;214-5.
60. Subcommittee on the Tenth Edition of the RDAs Food and Nutrition Board Commission on Life Sciences National Research Council. *Recommended dietary allowances-Raciones dietéticas recomendadas*. 1ª Edición española de la 10ª edición original. Barcelona. Ed. Consulta, SA, 1991.
61. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies Washington DC: National Academy Press. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorous, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride (1997); Dietary Reference Intakes for Thiamin, Riboflavin, Niacin, Vitamin B6, Folate, Vitamin B12, Pantothenic Acid, Biotin, and Choline (1998); Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Ca-

- rotenoids (2000); Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc (2001); Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate (2005); and Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D (2011). Disponible en <http://www.nap.edu>.
62. **Potier de Courcy G, Frelut ML, Fricker J, Martin A, Dupin H.** Besoins nutritionnels et apports conseillés pour la satisfaction de ces besoins. EMC. *Endocrinologie et nutrition* 2003; 10-308-A-10.
 63. **Comité Científico de Alimentación Humana (CCAH) 2000-2003:** "Upper safe levels" (UL) para selenio, molibdeno, vitamina B6, folato, magnesio, yodo, vitaminas A y D, niacina, calcio, cinc, cobre, y vitamina D. Panel Productos Dietéticos, Nutrición y Alergias (NDA) de la Agencia Europea de seguridad Alimentaria (EFSA) 2004-2005: boro y fluoruro.
 64. Rapport intitulé. Méthode et analyse d'une simulation de l'enrichissement des aliments en vitamines et minéraux. Étude réalisée en collaboration avec J. Maffre (OCA/CREDOC) par un groupe de travail réuni à cet effet et après approbation par la CEDAP, transmise par la DGCCRF à la DGXXIV, à Bruxelles, 2000.
 65. **Guilland JC, Margaritis I, Melin B, Pérès G, Richalet JP, Sabatier PP.** Sportifs et sujets à activité physique intense. En: *Apports nutritionnels conseillés*. Paris: Tec et Doc. Lavoisier, 2001: 337-94.
 66. **Ibáñez Santos J, Gómez Vides C.** Guía de alimentación y deporte. *Jano* 2004;67:36-43.
 67. **Córdova A, Drobnic F, González de Suso JM, Álvarez de Mon M.** Disminución del rendimiento deportivo, estrés, daño muscular y síndromes asociados a la fatiga inducidos por el deporte. *Medicine* 2002;8:4569-76.
 68. **Burke L, Maughan R, Shirreffs S.** The Consensus conference on Nutrition for Athletics IAAF. *J Sports Sci* 2007;25:Suppl 1:1.
 69. **Barbany JR.** *Alimentación para el deporte y la salud*. Barcelona. Ed. Martínez Roca. 2002.
 70. **Erquicia M, Carballo E, Gaztañaga T, Larrañaga P.** Actividad física, hábitos y actitudes de los adolescentes en San Sebastian: estudio piloto. En: MEC ed. *Humanismo y nuevas tecnologías en la educación física y el deporte*. AIESEP. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, 1990; 599-605.
 71. **Gaztañaga T.** Consumo en nutrientes y hábitos de alimentación en jóvenes deportistas vascos. En: MEC ed. *Avances en Nutrición Deportiva*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia-CSD 1991;337-46.
 72. **Alvarez Medina J, Manonelles P, Guillén R, Lapetra S, Giménez Salillas L, Julián C, et al.** Diagnóstico nutricional y evolutivo en una poblacional escolar deportista. *Arch Med Deporte* 2010;136:95-106.
 73. **Freitas da Silva Morales KM, Freitas da Silva FR, Dias Ferrão ML, Seroa da Mota CB, Dantas EHM.** Análisis de la ingesta energética y nutricional de jugadores de diferentes posiciones en un equipo de fútbol. *Arch Med Deporte* 2011;141:29-36.
 74. **Zatico AG, Blández Ángel J, Fernández García E.** Sobrepeso, obesidad y adecuación a la dieta mediterránea en adolescentes de la Comunidad de Madrid. *Arch Med Deporte* 2010;138:271-80.
 75. **Farreras/Rozman.** *Medicina Interna*. 14ª edición. Madrid. Ed. Harcourt. 2000.
 76. **Scientific Committee on Food (SCF).** *Opinion of the SCF on the revision of reference values for nutrition labelling*. 2003.
 77. **Alonso Fonseca J.** *Ayudas ergogénicas. Sustancias que pueden mejorar el rendimiento deportivo*. Sevilla. Ed. Junta de Andalucía. 2006.
 78. **Kreider RB.** Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Med* 1999;27:97-110.
 79. **Speich M, Pineau A, Ballereau F.** Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clin Chim Acta* 2001;312:1-11.
 80. **Tukhtarov BE.** Comparative assessment of the biological value of average daily diets in professional athletes of Uzbekistan. *Gig Sanit* 2010;2:65-7.
 81. **(EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on

the substantiation of health claims related to sodium and maintenance of normal muscle function (ID 359) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2011;9(6):2260.

- 82. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to magnesium and “hormonal health” (ID 243), reduction of tiredness and fatigue (ID 244), contribution to normal psychological functions (ID 245, 246), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 342), maintenance of normal blood pressure (ID 344, 366, 379), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 351), maintenance of the normal function of the immune system (ID 352), maintenance of normal blood pressure during pregnancy (ID 367), resistance to mental stress (ID 375, 381), reduction of gastric acid levels (ID 376), maintenance of normal fat metabolism (ID 378) and maintenance of normal muscle contraction (ID 380, ID 3083) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1807.
- 83. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to calcium and maintenance of bones and teeth (ID 224, 230, 231, 354, 3099), muscle function and neurotransmission (ID 226, 227, 230, 235), blood coagulation (ID 230, 236), energy-yielding metabolism (ID 234), function of digestive enzymes (ID 355), and maintenance of normal blood pressure (ID 225, 385, 1419) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1210.
- 84. Villegas García JA, Zamora Navarro S.** Valoración nutricional. En: FEMEDE ed. *Valoración nutricional. Valoración del estado nutritivo. Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales.* Monografía FEMEDE 6. Pamplona: FEMEDE 1999;196-204.
- 85. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to phosphorus and function of cell membranes (ID 328), energy-yielding metabolism (ID 329, 373) and maintenance of bone and teeth (ID 324, 327) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1219.
- 86. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to iron and formation of red blood cells and haemoglobin (ID 374, 2889), oxygen transport (ID 255), contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 255), reduction of tiredness and fatigue (ID 255, 374, 2889), biotransformation of xenobiotic substances (ID 258), and “activity of heart, liver and muscles” (ID 397) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1740.
- 87. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to iron and formation of red blood cells and haemoglobin (ID 249, ID 1589), oxygen transport (ID 250, ID 254, ID 256), energy-yielding metabolism (ID 251, ID 1589), function of the immune system (ID 252, ID 259), cognitive function (ID 253) and cell division (ID 368) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1215.
- 88. Nuviala Mateo RJ, Lapieza Láinez MG.** El laboratorio de bioquímica en el control de deportistas. Valores de referencia. En: FEMEDE ed. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales.* Monografías FEMEDE 6. Pamplona: FEMEDE 1999; 119-135.
- 89. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to zinc and function of the immune system (ID 291, 1757), DNA synthesis and cell division (ID 292, 1759), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 294, 1758), maintenance of bone (ID 295, 1756), cognitive function (ID 296), fertility and reproduction (ID 297, 300), reproductive development (ID 298), muscle function (ID 299), metabolism of fatty acids (ID 302), maintenance of joints (ID 305), function of the heart and blood vessels (ID 306), prostate function (ID 307), thyroid function (ID 308), acid-base metabolism (ID 360), vitamin A metabolism (ID 361) and maintenance of vision (ID 361) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1229.
- 90. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to zinc and maintenance of normal skin (ID 293), DNA synthesis and cell division (ID 293), con-

- tribution to normal protein synthesis (ID 293, 4293), maintenance of normal serum testosterone concentrations (ID 301), "normal growth" (ID 303), reduction of tiredness and fatigue (ID 304), contribution to normal carbohydrate metabolism (ID 382), maintenance of normal hair (ID 412), maintenance of normal nails (ID 412) and contribution to normal macronutrient metabolism (ID 2890) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1819.
91. Rico Bodes JI, Pérez López M. La actividad física y el zinc: una revisión. *Arch Med Deporte* 2011;141:36-44.
 92. Martinović J, Dopsaj V, Kotur-Stevuljević J, Dopsaj M, Vujović A, Stefanović A, *et al.* Oxidative stress biomarker monitoring in elite women volleyball athletes during a 6-week training period. *J Strength Cond Res* 2011;25:1360-7.
 93. Rousseau AS, Margaritis I, Arnaud J, Faure H, Roussel AM. Physical activity alters antioxidant status in exercising elderly subjects. *J Nutr Biochem* 2006;17:463-70.
 94. Devirian TA, Volpe SL. The physiological effects of dietary boron. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2003;43:219-31.
 95. Galofré JC, Santos S, Salvador J. Marcadores de función tiroidea (II). Evaluación de la acción tisular. *Rev Med Univ Navarra* 2006;50:13-20.
 96. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to manganese and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 309), maintenance of bone (ID 310), energy-yielding metabolism (ID 311), and cognitive function (ID 340) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1217.
 97. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to manganese and reduction of tiredness and fatigue (ID 312), contribution to normal formation of connective tissue (ID 404) and contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 405) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1808.
 98. Organización Mundial de la Salud. *Guías para la calidad del agua potable*. Primer apéndice, ed.3ª. Volumen 1. Recomend. 12.79 Manganese, (2006). Disponible en <http://www.who.int/watersanitationhealth/dwq/gdwq3esfullllowsres.pdf>).
 99. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to chromium and contribution to normal macronutrient metabolism (ID 260, 401, 4665, 4666, 4667), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 262, 4667), contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 339, 4665, 4666), and reduction of tiredness and fatigue (ID 261) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10): 1732.
 100. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to copper and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 263, 1726), function of the immune system (ID 264), maintenance of connective tissues (ID 265, 271, 1722), energy-yielding metabolism (ID 266), function of the nervous system (ID 267), maintenance of skin and hair pigmentation (ID 268, 1724), iron transport (ID 269, 270, 1727), cholesterol metabolism (ID 369), and glucose metabolism (ID 369) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1211.
 101. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to iodine and thyroid function and production of thyroid hormones (ID 274), energy-yielding metabolism (ID 274), maintenance of vision (ID 356), maintenance of hair (ID 370), maintenance of nails (ID 370), and maintenance of skin (ID 370) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1214.
 102. Mao IF, Ko YC, Chen ML. The stability of iodine in human sweat. *Jpn J Physiol* 1990;40:693-700.
 103. Smyth PP, Duntas LH. Iodine uptake and loss—can frequent strenuous exercise induce iodine deficiency? *Horm Metab Res* 2005;37:555-8.
 104. Wilmore JH, Costill DL. Nutrición y Ergogenia Nutricional. En: Wilmore JH, Costill DL, eds. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 5ª edición. Barcelona. Ed. Paidotribo 2005:450-81.

105. Wataru A, Naito Y, Yoshikawa T. Exercise and functional foods. *Nutr J* 2006;5:15.
106. Ribas J. *Ayudas ergogénicas II. Farmacología y Nutrición en el Deporte*. Barcelona. Ed. Instituto Micromat, 2009:40-8.
107. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nut* 2010;7:7.
108. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on substantiation of health claims related to thiamine and energy-yielding metabolism (ID 21, 24, 28), cardiac function (ID 20), function of the nervous system (ID 22, 27), maintenance of bone (ID 25), maintenance of teeth (ID 25), maintenance of hair (ID 25), maintenance of nails (ID 25), maintenance of skin (ID 25) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1222.
109. Fogelholm M, Ruokonen I, Laakso JT, Vuorimaa T, Himberg JJ. Lack of association between indices of vitamin B1, B2 and B6 status and exercise-induced blood lactate in young adults. *Int J Sport Nutr* 1993;3:165-76.
110. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to riboflavin (vitamin B2) and contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 29, 35, 36, 42), contribution to normal metabolism of iron (ID 30, 37), maintenance of normal skin and mucous membranes (ID 31, 33), contribution to normal psychological functions (ID 32), maintenance of normal bone (ID 33), maintenance of normal teeth (ID 33), maintenance of normal hair (ID 33), maintenance of normal nails (ID 33), maintenance of normal vision (ID 39), maintenance of normal red blood cells (ID 40), reduction of tiredness and fatigue (ID 41), protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 207), and maintenance of the normal function of the nervous system (ID 213) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1814.
111. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin B6 and contribution to normal homocysteine metabolism (ID 73, 76, 199), maintenance of normal bone (ID 74), maintenance of normal teeth (ID 74), maintenance of normal hair (ID 74), maintenance of normal skin (ID 74), maintenance of normal nails (ID 74), contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 75, 214), contribution to normal psychological functions (ID 77), reduction of tiredness and fatigue (ID 78), and contribution to normal cysteine synthesis (ID 4283) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1759.
112. Manore MM. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. *Am J Clin Nutr* 2000;72:598S-606S.
113. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin B12 and red blood cell formation (ID 92, 101), cell division (ID 93), energy-yielding metabolism (ID 99, 190) and function of the immune system (ID 107) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1223.
114. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin B12 and contribution to normal neurological and psychological functions (ID 95, 97, 98, 100, 102, 109), contribution to normal homocysteine metabolism (ID 96, 103, 106), maintenance of normal bone (ID 104), maintenance of normal teeth (ID 104), maintenance of normal hair (ID 104), maintenance of normal skin (ID 104), maintenance of normal nails (ID 104), reduction of tiredness and fatigue (ID 108), and cell division (ID 212) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1756.
115. FAO/WHO. *Human vitamins and mineral requirements*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. 2002.
116. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to folate and contribution to normal psychological functions (ID 81, 85, 86, 88), maintenance of normal vision (ID 83, 87), reduction of tiredness and fatigue (ID 84), cell division (ID 195, 2881) and contribution to normal amino acid synthesis (ID 195, 2881) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1760.

- 117. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to folate and blood formation (ID 79), homocysteine metabolism (ID 80), energy-yielding metabolism (ID 90), function of the immune system (ID 91), function of blood vessels (ID 94, 175, 192), cell division (ID 193), and maternal tissue growth during pregnancy (ID 2882) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1213.
- 118. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to niacin and reduction of tiredness and fatigue (ID 47), contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 51), contribution to normal psychological functions (ID 55), maintenance of normal blood flow (ID 211), and maintenance of normal skin and mucous membranes (ID 4700) pursuant to Article 13 (1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1757.
- 119. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to biotin and energy-yielding metabolism (ID 114, 117), macronutrient metabolism (ID 113, 114, 117), maintenance of skin and mucous membranes (ID 115), maintenance of hair (ID 118, 2876) and function of the nervous system (ID 116) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1209.
- 120. Williams Melvin H.** *Nutrición para la salud.* Barcelona. Paidotribo. 2002. 224.
- 121. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to pantothenic acid and energy-yielding metabolism (ID 56, 59, 60, 64, 171, 172, 208), mental performance (ID 57), maintenance of bone (ID 61), maintenance of teeth (ID 61), maintenance of hair (ID 61), maintenance of skin (ID 61), maintenance of nails (ID 61) and synthesis and metabolism of steroid hormones, vitamin D and some neurotransmitters (ID 181) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1218.
- 122. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to pantothenic acid and mental performance (ID 58), reduction of tiredness and fatigue (ID 63), adrenal function (ID 204) and maintenance of normal skin (ID 2878) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1758.
- 123. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin C and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 129, 138, 143, 148), antioxidant function of lutein (ID 146), maintenance of vision (ID 141, 142), collagen formation (ID 130, 131, 136, 137, 149), function of the nervous system (ID 133), function of the immune system (ID 134), function of the immune system during and after extreme physical exercise (ID 144), non-haem iron absorption (ID 132, 147), energy-yielding metabolism (ID 135), and relief in case of irritation in the upper respiratory tract (ID 1714, 1715) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1226.
- 124. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin C and reduction of tiredness and fatigue (ID 139, 2622), contribution to normal psychological functions (ID 140), regeneration of the reduced form of vitamin E (ID 202), contribution to normal energy-yielding metabolism (ID 2334, 3196), maintenance of the normal function of the immune system (ID 4321) and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 3331) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1815.
- 125. Woolf K, Manore MM.** B-vitamins and exercise: does exercise alter requirements? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2006;16:453-84.
- 126. Bonke D, Nickel B.** Improvement of fine motoric movement control by elevated dosages of vitamin B1, B6, and B12 in target shooting. *Int J Vitam Nutr Res Suppl* 1989;30:198-204.
- 127. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin A and cell differentiation (ID 14), function of the immune system (ID 14), maintenance of skin and mucous membranes (ID 15, 17), maintenance of vision (ID 16), maintenance of bone (ID 13, 17), maintenance of teeth (ID 13,

- 17), maintenance of hair (ID 17), maintenance of nails (ID 17), metabolism of iron (ID 206), and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 209) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1221.
- 128. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin E and protection of DNA, proteins and lipids from oxidative damage (ID 160, 162, 1947), maintenance of the normal function of the immune system (ID 161, 163), maintenance of normal bone (ID 164), maintenance of normal teeth (ID 164), maintenance of normal hair (ID 164), maintenance of normal skin (ID 164), maintenance of normal nails (ID 164), maintenance of normal cardiac function (ID 166), maintenance of normal vision by protection of the lens of the eye (ID 167), contribution to normal cognitive function (ID 182, 183), regeneration of the reduced form of vitamin C (ID 203), maintenance of normal blood circulation (ID 216) and maintenance of normal a scalp (ID 2873) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(10):1816.
- 129. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to niacin and energy-yielding metabolism (ID 43, 49, 54), function of the nervous system (ID 44, 53), maintenance of the skin and mucous membranes (ID 45, 48, 50, 52), maintenance of normal LDL-cholesterol, HDL-cholesterol and triglyceride concentrations (ID 46), maintenance of bone (ID 50), maintenance of teeth (ID 50), maintenance of hair (ID 50, 2875) and maintenance of nails (ID 50, 2875) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1224.
- 130. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin D and maintenance of bone and teeth (ID 150, 151, 158), absorption and utilisation of calcium and phosphorus and maintenance of normal blood calcium concentrations (ID 152, 157), cell division (ID 153), and thyroid function (ID 156) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1227.
- 131. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin D and normal function of the immune system and inflammatory response (ID 154, 159), maintenance of normal muscle function (ID 155) and maintenance of normal cardiovascular function (ID 159) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2010;8(2):1468.
- 132. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA).** Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to vitamin K and maintenance of bone (ID 123, 127, 128, and 2879), blood coagulation (ID 124 and 126), and function of the heart and blood vessels (ID 124, 125 and 2880) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2009;7(9):1228.
- 133. Murray R, Bartoli WP, Eddy DE, Horn MK.** Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1057-62.
- 134. Leibel RL, Bahary N, Friedman JM.** Genetic variation and nutrition in obesity: approaches to the molecular genetics of obesity. *World Rev Nutr Diet* 1990;63:90-101.
- 135. Yeo WK, Carey AL, Burke L, Spriet LL, Hawley JA.** Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism. *Appl Physiol Nutr Metab* 2011;36:12-22.
- 136. García Gabarra A.** Ingesta recomendadas en la UE: Niveles mínimos, óptimos y máximos: En Suplementación Nutricional. En *Suplementación Nutricional*. Edición AFEPADI, Asociación de empresas de Dietéticos y Complementos Alimenticios. 2011;31-51.
- 137. Stepto NK, Carey AL, Staudacher HM, Cummings NK, Burke LM, Hawley JA.** Effect of short-term fat adaptation on high-intensity training. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:449-55.
- 138. De Moffarts B, Kirschvink N, Art T, Pincemail J, Lekeux P.** Effect of exercise on blood oxidant/antioxidant markers in standardbred horses: comparison between treadmill and race track tests. *Equine Vet J Suppl* 2006;36:254-7.
- 139. López-Román J, Luque A, Martínez-González A, Villegas JA.** Modifications in oxidative damage

- in sportsmen after docosahexaenoic acid (DHA) ingestion. *J Int Soc Sports Nutr* (pendiente de publicación).
140. **Arterburn LM, Hall EB, Oken H.** Distribution, interconversion, and dose response of n-3 fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr* 2006;83(6 Suppl):1467S-76S.
141. **González Boto R, García López D, Herrero Alonso JA.** La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte* 2003;3:242-59.
142. **Rico-Sanz J.** Efectos de suplementación de creatina en el metabolismo muscular y energético. *Arch Med Deporte* 1997;61:391-6.
143. **Oöpik V, Pääsuke M, Timpmann S, Medijainen L, Ereline J, Gapejeva J.** Effects of creatine supplementation during recovery from rapid body mass reduction on metabolism and muscle performance capacity in well-trained wrestlers. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42:330-9.
144. **Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo JJ, Gorostiaga EM.** Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34:332-43.
145. **Williams MH, Branch JD.** Creatine supplementation and exercise performance: an update. *J Am Coll Nutr* 1998;17:216-34.
146. **Vandenbergh K, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vanstapel F, Hespel P.** Inhibition of muscle phosphocreatine resynthesis by caffeine after creatine loading. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:S249.
147. **Casey A, Constantin-Teodosiu D, Howell S, Hultman E, Greenhaff PL.** Creatine ingestion favorably affects performance and muscle metabolism during maximal exercise in humans. *Am J Physiol* 1996; 271:31-7.
148. **Watsford ML, Murphy AJ, Spinks WL, Walshe AD.** Creatine supplementation and its effect on musculotendinous stiffness and performance. *J Strength Cond Res* 2003;17:26-33.
149. **Shao A, Hathcock JN.** Risk assessment for creatine monohydrate. *Regul Toxicol Pharmacol* 2006;45:242-51.
150. **Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Almada AL.** Effects of calcium beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength. *Int J Sports Med* 1999;20:503-9.
151. **Nissen SL, Sharp RL.** Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2003;94:651-9.
152. **Jówko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, et al.** Creatine and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition* 2001;17:558-66.
153. **Vukovich MD, Slater G, Macchi MB, Turner MJ, Fallon K, Boston T, et al.** Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB). Kinetics and the influence of glucose ingestion in humans. *J Nutr Biochem* 2001;12:631-9.
154. **Rowlands DS, Thomson JS.** Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation during resistance training on strength, body composition, and muscle damage in trained and untrained young men: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2009;23:836-46.
155. **Kornasio R, Riederer I, Butler-Browne G, Mouly V, Uni Z, Halevy O.** Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) stimulates myogenic cell proliferation, differentiation and survival via the MAPK/ERK and PI3K/Akt pathways. *Biochim Biophys Acta* 2009;1793:755-63.
156. **Lamboley CR, Royer D, Dionne IJ.** Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on aerobic-performance components and body composition in college students. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2007;17:56-69.
157. **O'Connor DM, Crowe MJ.** Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and creatine monohydrate supplementation on the aerobic and anaerobic capacity of highly trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:64-8.
158. **Wilson JM, Kim JS, Lee SR, Rathmacher JA, Dalmau B, Kingsley JD, et al.** Acute and timing effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on indirect markers of skeletal muscle damage. *Nutr Metab (Lond)* 2009;6:6.

159. Slater G, Jenkins D, Logan P, Lee H, Vukovich M, Rathmacher JA, *et al.* Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11:384-96.
160. Clarkson PM, Rawson ES. Nutritional supplements to increase muscle mass. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1999;39:317-28.
161. May PE, Barber A, D'Olimpio JT, Hourihana A, Abumrad N. Reversal of cancer-related wasting using oral supplementation with a combination of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate, arginine and glutamine. *Am J Surg* 2002;183:471-9.
162. Smith HJ, Mukerji P, Tisdale MJ. Attenuation of proteasome-induced proteolysis in skeletal muscle by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate in cancer induced muscle loss. *Cancer Res* 2005;65:277-83.
163. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, Trappe SW. Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, part II: effects on hematology, hepatic and renal function. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:2116-9.
164. Soop M, Björkman O, Cederblad G, Hagenfeldt L, Wahren J. Influence of carnitine supplementation on muscle substrate and carnitine metabolism during exercise. *J Appl Physiol* 1988;64:2394-9.
165. Juhn MS. Ergogenic aids in aerobic activity. *Curr Sports Med Rep* 2002;1:233-8.
166. Koh-Banerjee PK, Ferreira MP, Greenwood M, Bowden RG, Cowan PN, Almeda AL, *et al.* Effects of calcium pyruvate supplementation during training on body composition, exercise capacity and metabolic responses to exercise. *Nutrition* 2005;21: 312-9.
167. Volek JS, Kraemer WJ, Rubin MR, Gómez AL, Ratamess NA, Gaynor P. L-Carnitine L-tartrate supplementation favorably affects markers of recovery from exercise stress. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002;282:E474-82.
168. Brass EP. Supplemental carnitine and exercise. *Am J Clin Nutr* 2000;72(2 Suppl):618S-23S.
169. Stephens FB, Constantin-Teodosiu D, Greenhaff PL. New insights concerning the role of carnitine in the regulation of fuel metabolism in skeletal muscle. *J Physiol* 2007;581:431-44.
170. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson HK, Köhnke R. Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis alter physical exercise. *J Nutr* 2006;136(1 Suppl):269S-73S.
171. Gleeson M. Interrelationship between physical activity and branched-chain amino acids. *J Nutr* 2005;135(6 Suppl):1591S-5S.
172. Shimomura Y, Murakami T, Nakai N, Nagasaki M, Harris RA. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr* 2004;134(6 Suppl):1583S-7S.
173. Bouckenooghe T, Remacle C, Reusens B. Is taurine a functional nutrient? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2006;9:728-33.
174. Maturo J, Kulakowski EC. Taurine binding to the purified insulin receptor. *Biochem Pharmacol* 1988;37:3755-60.
175. Dawson R Jr, Biasetti M, Messina S, Dominij J. The cytoprotective role of taurine in exercise-induced muscle injury. *Amino Acids* 2002;22:309-24.
176. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). The use of taurine and D-glucurono-gamma-lactone as constituents of the so-called "energy" drinks. *EFSA Journal* 2009;935:1-31.
177. Calder PC, Yaqoob P. Glutamine and the immune system. *Amino Acids* 1999;17:227-41.
178. Rowbottom DG, Keast D, Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med* 1996;21:80-97.
179. Castell LM, Poortmans JR, Newsholme EA. Does glutamine have a role in reducing infections in athletes? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;73:488-90.
180. Castell LM, Newsholme EA. The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged, exhaustive exercise. *Nutrition* 1997;13:738-42.
181. Jackson MJ, Allen SJ, Beaudet AL, O'Brien WE. Metabolite regulation of argininosuccinate synthetase in cultured human cells. *J Biol Chem* 1988;263:16388-94.

182. **Álvarez TS, Meirelles CM, Bhambhani YN, Paschoalin VM, Gomes PS.** L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. *Sports Med* 2011;41:233-48.
183. **Eto B, Le Moel G, Porquet D, Peres G.** Glutamate-arginine salts and hormonal responses to exercise. *Arch Physiol Biochem* 1995;103:160-4.
184. **Denis C, Dormois D, Linossier MT, Eychehen JL, Hauseux P, Lacour JR.** Effect of arginine aspartate on the exercise-induced hyperammonemia in humans: a two periods cross-over trial. *Arch Int Physiol Biochim Biophys* 1991;99:123-7.
185. **Wideman L, Weltman JY, Patrie JT, Bowers CY, Shah N, Story S, et al.** Synergy of L-arginine and growth hormone (GH)-releasing peptide-2 on GH release: influence of gender. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2000;279:R1455-66.
186. **Collier SR, Casey DP, Kanaley JA.** Growth hormone responses to varying doses of oral arginine. *Growth Horm IGF Res* 2005;15:136-9.
187. **Closs EI, Simon A, Vékony N, Rotmann A.** Plasma membrane transporters for arginine. *J Nutr* 2004;134(10 Suppl):2752S-9S.
188. **Kanaley JA.** Growth hormone, arginine and exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008;11:50-4.
189. **Marcell TJ, Taaffe DR, Hawkins SA, Tarpennin KM, Pyka G, Kohlmeier L, et al.** Oral arginine does not stimulate basal or augment exercise-induced GH secretion in either young or old adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1999;54:M395-9.
190. **Wagenmakers AJ.** Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: role in human physiology and metabolism. *Exerc Sport Sci Rev* 1998;26:287-314.
191. **Marquezi ML, Roschel HA, dos Santa Costa A, Sawada LA, Lancha AH Jr.** Effects of aspartate and asparagine supplementation on fatigue determinants in intense exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003;13:65-7.
192. **Williams MH.** Facts and fallacies of purported ergogenic amino acid supplements. *Clin Sports Med* 1999;18:633-49.
193. **Trudeau F.** Aspartate as an ergogenic supplement. *Sports Med* 2008;38:9-16.
194. **Parisi A, Quaranta F, Masala D, Fagnani F, Di Salvo V, Casasco M, et al.** Do aspartate and asparagine acute supplementation influence the onset of fatigue in intense exercise? *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47:422-6.
195. **Nishitani S, Takehana K.** Pharmacological activities of branched-chain amino acids: augmentation of albumin synthesis in liver and improvement of glucose metabolism in skeletal muscle. *Hepatol Res* 2004;30S:19-24.
196. **Meijer AJ, Dubbelhuis PF.** Amino acid signaling and the integration of metabolism. *Biochem Biophys Res Commun* 2004;313:397-403.
197. **Koopman R, Wagenmakers AJ, Manders RJ, Zorenc AH, Senden JM, Gorselink M, et al.** Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2005;288:E645-53.
198. **Mero A.** Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med* 1999;27:347-58.
199. **Penry JT, Manore MM.** Choline: an important micronutrient for maximal endurance-exercise performance? *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:191-203.
200. **Spector SA, Jackman MR, Sabounjian LA, Sakkas C, Landers DM, Willis WT.** Effect of choline supplementation on fatigue in trained cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:668-73.
201. **Warber JP, Patton JF, Tharion WJ, Zeisel SH, Mello RP, Kemnitz CP, et al.** The effects of choline supplementation on physical performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10:170-81.
202. **Jacobs PL, Goldstein ER.** Long-term glycine propionyl-L-carnitine supplementation and paradoxical effects on repeated anaerobic sprint performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2010;7:35.
203. **Jacobs PL, Goldstein ER, Blackburn W, Orem I, Hughes JJ.** Glycine propionyl-L-carnitine produces enhanced anaerobic work capacity with reduced lactate accumulation in resistance trained males. *J Int Soc Sports Nutr* 2009;6:9.
204. **Smith WA, Fry AC, Tschume LC, Bloomer RJ.** Effect of glycine propionyl-L-carnitine on aerobic and anaerobic exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:19-36.

205. McNaughton L, Dalton B, Tarr J. Inosine supplementation has no effect on aerobic or anaerobic cycling performance. *Int J Sport Nutr* 1999;9:333-44.
206. Starling RD, Trappe TA, Short KR, Sheffield-Moore M, Jozsi AC, Fink WJ, et al. Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1193-8.
207. Williams MH, Kreider RB, Hunter DW, Somma CT, Shall LM, Woodhouse ML, et al. Effect of inosine supplementation on 3-mile treadmill run performance and VO₂ peak. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:517-22.
208. Udem BJ. Farmacología del asma. En Brunton LL, Lazo JS, Parker HL. Eds. *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. Goodman & Gilman. 11ª edición. Bogotá. McGraw-Hill Interamericana. 2007;727-30.
209. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, Kreider R, Campbell B, Wilborn C, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr* 2010;7:5.
210. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, Casa DJ, Dias JC, Judelson DA, et al. Caffeine use in sports-considerations for the athlete. *J Strength Cond Res* 2008;22:978-86.
211. Laurent D, Schneider KE, Prusaczyk WK, Franklin C, Vogel S, Krssak M, et al. Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *J Clin Endocrinol Metab* 2000;85:2170-5.
212. Lopes JM, Aubier M, Jardim J, Aranda JV, Macklem PT. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J Appl Physiol* 1983;54:1303-5.
213. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to caffeine and increase in physical performance during short-term high-intensity exercise (ID 737, 1486, 1489), increase in endurance performance (ID 737, 1486), increase in endurance capacity (ID 1488) and reduction in the rated perceived exertion/effort during exercise (ID 1488, 1490) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 2011;9(4):2053.
214. Lieberman HR, Tharion WJ, Shukitt-Hale B, Speckman KL, Tulley R. Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during U.S. Navy SEAL training. Sea-Air-Land. *Psychopharmacology (Berl)* 2002;164:250-61.
215. Simmonds MJ, Minahan CL, Sabapathy S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. *Eur J Appl Physiol* 2010;109:287-95.
216. Flinn S, Gregory J, McNaughton LR, Tristram S, Davies P. Caffeine ingestion prior to incremental cycling to exhaustion in recreational cyclists. *Int J Sports Med* 1990;11:188-93.
217. Jenkins NT, Trilk JL, Singhal A, O'Connor PJ, Cureton KJ. Ergogenic effects of low doses of caffeine on cycling performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:328-42.
218. McNaughton LR, Lovell RJ, Siegler J, Midgley AW, Moore L, Bentley DJ. The effects of caffeine ingestion on time trial cycling performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2008;3:157-63.
219. O'Rourke MP, O'Brien BJ, Knez WL, Paton CD. Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners. *J Sci Med Sport* 2008;11:231-3.
220. MacIntosh BR, Wright BM. Caffeine ingestion and performance of a 1,500-metre swim. *Can J Appl Physiol* 1995;20:168-77.
221. Bruce CR, Anderson ME, Fraser SF, Stepto NK, Klein R, Hopkins WG, et al. Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1958-63.
222. Anderson ME, Bruce CR, Fraser SF, Stepto NK, Klein R, Hopkins WG, et al. Improved 2000-meter rowing performance in competitive oarswomen after caffeine ingestion. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10:464-75.
223. Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, Young WB. Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *Int J Sports Physiol Perform* 2007;2:423-38.
224. Warren GL, Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Millard-Stafford ML. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 2010;42:1375-87.

225. Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14:626-46.
226. Doherty M, Smith PM. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2005;15:69-78.
227. Greer F, McLean C, Graham TE. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. *J Appl Physiol* 1998;85:1502-8.
228. Beck TW, Housh TJ, Malek MH, Mielke M, Hendrix R. The acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press strength and time to running exhaustion. *J Strength Cond Res* 2008;22:1654-58.
229. Glaister M, Howatson G, Abraham CS, Lockey RA, Goodwin JE, Foley P, *et al.* Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1835-40.
230. Schneiker KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:578-85.
231. Wiles JD, Coleman D, Tegerdine M, Swaine IL. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci* 2006;24:1165-71.
232. Collomp K, Ahmaidi S, Chatard JC, Audran M, Préfaut C. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64:377-80.
233. Paton CD, Lowe T, Irvine A. Caffeinated chewing gum increases repeated sprint performance and augments increases in testosterone in competitive cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2010;110:1243-50.
234. Green JM, Wickwire PJ, McLester JR, Gendle S, Hudson G, Pritchett RC, *et al.* Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. *Int J Sports Physiol Perform* 2007;2:250-9.
235. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:412-29.
236. Hendrix CR, Housh TJ, Mielke M, Zuniga JM, Camic CL, Johnson GO, *et al.* Acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press and leg extension strength and time to exhaustion during cycle ergometry. *J Strength Cond Res* 2010;24:859-65.
237. Astorino TA, Roberson DW. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. *J Strength Cond Res* 2010;24:257-65.
238. Carr A, Dawson B, Schneiker K, Goodman C, Lay B. Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48:472-8.
239. Pontifex KJ, Wallman KE, Dawson BT, Goodman C. Effects of caffeine on repeated sprint ability, reactive agility time, sleep and next day performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2010;50:455-64.
240. Stuart GR, Hopkins WG, Cook C, Cairns SP. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37:1998-2005.
241. Foskett A, Ali A, Gant N. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2009;19:410-23.
242. Kovacs EM, Stegen JHCH, Brouns F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. *J Appl Physiol* 1998;85:709-15.
243. Graham TE, Hibbert E, Sathasivam P. Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion. *J Appl Physiol* 1998;85:883-9.
244. Magkos F, Kavouras SA. Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2005;45:535-62.
245. González Gallego J, Rodríguez Huertas JF. Nutrición en la actividad física y deportiva. En: *Tratado de nutrición*. Tomo III. Gil A. Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana. 2010: 373-4.
246. Palacios Gil-Antuñano N, Iglesias-Gutiérrez E, Úbeda Martín N. Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. *Med Clin (Barc)* 2008;131:751-6.

247. Reissig CJ, Strain EC, Griffiths RR. Caffeinated energy drinks. A growing problem. *Drug Alcohol Depend* 2009;99:1-10.
248. **Vademecum Internacional**. 11 ed. Madrid: UBM Médica. 2011.
249. Jeukendrup A, Gleeson M. Nutrition supplements. En: Jeukendrup A, Gleeson M, eds. *Sport nutrition*. Champaign: Human Kinetics; 2004;239-43.
250. Armstrong LE, Casa DJ, Maresh CM, Ganio MS. Caffeine, fluid-electrolyte balance, temperature regulation, and exercise-heat tolerance. *Exerc Sport Sci Rev* 2007;35:135-40.
251. Sies H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. *Exp. Physiol* 1997;82:291-5.
252. Valko M, Leibfritz D, Mongol J, Cronin M, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 2007;30:44-8.
253. Gonzalez J, Sanchez P, Mataix J. *Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje*. Madrid: Díaz de Santos. 2006;361-2.
254. Leeuwenburgh C, Heinecke J. Oxidative stress and antioxidants in exercise. *Curr Med Chem* 2001;8:829-38.
255. Folkers K. Basic chemical research on coenzyme Q10 and integrated clinical research on therapy of diseases. *Biomed Clin Aspects Coenzyme Q* 1985;5:457-78.
256. Folkers K, Yamagame T, Littarru GP. Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q. Amsterdam: Elsevier. 1991; Vol 6:1-555.
257. Mizuno K, Tanaka M, Nozaki S, Mizuma H, Ataka S, Tahara T, et al. Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue. *Nutrition* 2008;24:293-9.
258. Kon M, Tanabe K, Akimoto T, Kimura F, Tanimura Y, Shimizu K, et al. Reducing exercise-induced muscular injury in kendo athletes with supplementation of coenzyme Q10. *Br J Nutr* 2008;100:903-9.
259. Gokbel H, Gul I, Belvirant M, Okudan N. The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supra-maximal exercise in sedentary men. *J Strength Cond Res* 2010;24:97-102.
260. Litarru GP, Tiano L. Clinical aspects of coenzyme Q10: an update. *Nutrition* 2010;26:250-4.
261. Stahl W, Sies H. Antioxidant activity of carotenoids. *Mol Aspects Med* 2003;24:345-51.
262. Giovannucci E, Rimm EB, Liu Y, Stampfer MS, Willet W. A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *J Natl Cancer Inst* 2002;94:391-8.
263. Albanes D. Beta-carotene and lung cancer: a case study. *Am J Clin Nutr* 1999;69:1345-50.
264. Goldfarb AH. Nutritional antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol* 1999;24:249-66.
265. Ghibu S, Richard C, Vergely C, Zeller M, Cottin Y, Rochette L. Antioxidant properties of an endogenous thiol: alpha-lipoic acid, useful in the prevention of cardiovascular diseases. *J Cardiovasc Pharmacol* 2009;54:391-8.
266. Sing U, Jialal I. Alpha-lipoic acid supplementation and diabetes. *Nutr Rev* 2008;66:646-57.
267. Moreira PI, Harris PL, Zhu X, Santos MS, Oliveira CR, Smith MA, et al. Lipoic acid N-acetyl cysteine decrease mitochondrial related oxidative stress in Alzheimer disease patient fibroblasts. *J Alzheimers Dis* 2007;12:195-206.
268. Strobel NA, Peake JM, Matsumoto A, Marsh SA, Coombes JS, Wadley GD. Antioxidant supplementation reduces skeletal muscle mitochondrial biogenesis. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1017-24.
269. Baur JA, Pearson KJ, Price NL, Jamieson HA, Lerin C, Kalra A. Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. *Nature* 2006;444:337-42.
270. Lagouge M, Argmann C, Gerhart-Hines Z, Meziane H, Lerin C. Resveratrol improves mitochondrial function and protects against metabolic disease by activating SIRT1 and PGC-1alpha. *Cell* 2006;127:1109-22.
271. Murase T, Haramizu S, Ota N, Hase T. Suppression of the aging-associated decline in physical performance by a combination of resveratrol

- intake and habitual exercise in senescence-accelerated mice. *Biogerontology* 2009;10:423-34.
272. Feige JN, Lagouge M, Canto C, Strehle A, Houten SM, Milne JC, *et al.* Specific SIRT1 activation mimics low energy levels and protects against diet-induced metabolic disorders by enhancing fat oxidation. *Cell Metab* 2008;8:347-58.
273. Rodríguez-Bies E, Santa-Cruz S, Navas P, Lopez-Lluch G. Resveratrol: an ergogenic compound. *Rev Andal Med Deporte* 2009;2:12-8.
274. Ganio MS, Armstrong LE, Johnson EC, Klau JF, Ballard KD, Michniak-Kohn B, *et al.* Effect of quercetin supplementation on maximal oxygen uptake in men and women. *J Sports Sci* 2010;28:201-8.
275. Dumke CL, Nieman DC, Utter AC, Rigby MD, Quindry JC, Triplett NT, *et al.* Quercetin's effect on cycling efficiency and substrate utilization. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009;24:993-1000.
276. Cureton KJ, Tomporowski PD, Singhal A, Pasley JD, Bigelman KA, Lambourne K, *et al.* Dietary quercetin supplementation is not ergogenic in untrained men. *J Appl Physiol* 2009;107:1095-104.
277. Utter AC, Nieman DC, Kang J, Dumke CL, Quindry JC, McAnulty SR, *et al.* Quercetin does not affect rating of perceived exertion in athletes during the Western States endurance run. *Res Sports Med* 2009;17:71-83.
278. Quindry JC, McAnulty SR, Hudson MB, Hisick P, Dumke C, McAnulty LS, *et al.* Oral quercetin supplementation and blood oxidative capacity in response to ultramarathon competition. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2008;18:601-16.
279. Murase T, Haramizu S, Ota N, Hase T. Tea catechin ingestion combined with habitual exercise suppresses the aging-associated decline in physical performance in senescence-accelerated mice. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2008;295:R281-9.
280. Pilczynska-Szczesniak L, Skarpanska-Steinborn A, Deskur E, Basta P, Horoszhiewicz-Hassan M. The influence of chokeberry juice supplementation on the reduction of oxidative stress resulting from an incremental rowing ergometer exercise. *Int J Nutr Exerc Metab* 2005;15:48-58.
281. Morillas-Ruiz J, Zafrilla P, Almar M Cuevas MJ, López FJ, Abellán P, *et al.* The effects of an antioxidant-supplementation beverage on exercise-induced oxidative stress: results from a placebo-controlled double-blind study in cyclists. *Eur J Appl Physiol* 2005;95:543-9.
282. Morillas-Ruiz JM, Villegas JA, López FJ, Vidal-Guevara ML, Zafrilla P. Effects of polyphenolics antioxidants on exercise-induced oxidative stress. *Clin Nutr* 2006; 25:444-53.
283. Sureda A, Tauler P, Aguiló A, Cases N, Llompart I, Tur JA, *et al.* Influence of an antioxidant vitamin-enriched drink on pre- and post-exercise lymphocyte antioxidant system. *Ann Nutr Metab* 2008;52:233-40.
284. Lyall KA, Hurst SM, Cooney J, Jensen D, Lo K, Hurst RD, *et al.* Short-term blackcurrant extract consumption modulates exercise-induced oxidative stress and lipopolysaccharide-stimulated inflammatory responses. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2009;297:R70-81.
285. Bowtell JL, Sumners DP, Dyer A, Fox P, Mileva KN. Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1544-51.
286. Narayana BA, Geoffroy O, Willingham MC, Re GG, Nixon DW. Expression and its possible role in G1 arrest and apoptosis in ellagic acid treated cancer cells. *Cancer Lett* 1999;136:215-21.
287. Meyer AS, Heinonen M, Frankel EN. Antioxidant interactions of catechin, cyanidin, caffeic acid, quercetin, and ellagic acid on human LDL oxidation. *Food Chemistry* 1998;61:71-5.
288. Sen CK, Rankinen T, Vaisanen S, Rauramaa R. Oxidative stress after human exercise: effect after N-acetylcysteine supplementation. *J Appl Physiol* 1994;76:2570-77.
289. Sen CK, Atalay M, Hanninen O. Exercise-induced oxidative stress: glutathione supplementation and deficiency. *J Appl Physiol* 1994;77:2177-87.
290. Nielsen HB, Kharazmi A, Bolbjerg ML, Poulsen HE, Pedersen BK, Secher NH. N-acetylcysteine attenuates oxidative burst by neutrophils in response to ergometer rowing with no effect on pulmonary gas exchange. *Int J Sports Med* 2001;22:256-60.
291. López-Varela S, González-Gross M, Marcos A. Functional foods and the immune system: a review. *Eur J Clin Nutr* 2002;56 Suppl 3:S29-33.

292. **Gibson GR, Roberfroid MB.** Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995;125:1401-12.
293. **Chandra RK.** Nutrition and immunology: from the clinic to cellular biology and back again. *Proc Nutr Soc* 1999;58:681-3.
294. **Nieman DC.** Immune response to heavy exertion. *J Appl Physiol* 1997;82:1385-94.
295. **Montero A, López-Varela S, Nova E, Marcos A.** The implication of the binomial nutrition-immunity on sportswomen's health. *Eur J Clin Nutr* 2002;56 (S3):S38-41.
296. **Corthesy B, Gaskins HR, Mercenier A.** Cross-talk between probiotic bacteria and the host immune system. *J Nutr* 2007;137(S2):781-90.
297. **Diplock AT, Aggett PJ, Ashwell M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid MB.** Scientific concepts in functional foods in Europe. Consensus document. *Br J Nutr* 1999;81:S1-S27.
298. **Sanz Y, Dalmau J.** Los probióticos en el marco de la nueva normativa europea que regula los alimentos funcionales. *Acta Pediatr Esp* 2008;66:27-31.
299. **Armuzzi A, Cremonini F, Bartolozzi F, Canducci F, Candelli M, Ojetti V, et al.** The effect of oral administration of *Lactobacillus GG* on antibiotic-associated gastrointestinal side-effects during *Helicobacter pylori* eradication therapy. *Aliment Pharmacol Ther* 2001;15:163-9.
300. **Biondo PD, Robbins SJ, Walsh JD, McCargar LJ, Harber VJ, Field CJ.** A randomized controlled crossover trial of the effect of ginseng consumption on the immune response to moderate exercise in healthy sedentary men. *Appl Physiol Nutr Metab* 2008;33:966-75.
301. **Dowling EA, Redondo DR, Branch JD, Jones S, McNabb G, Williams MH.** Effect of *Eleutherococcus senticosus* on submaximal and maximal exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:482-9.
302. **Eschbach LF, Webster MJ, Boyd JC, McArthur PD, Evetovich TK, et al.** The effect of siberian ginseng (*Eleutherococcus senticosus*) on substrate utilization and performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10:444-51.
303. **Tan BK, Vanitha J.** Immunomodulatory and antimicrobial effects of some traditional chinese medicinal herbs: a review. *Curr Med Chem* 2004;11:1423-30.
304. **Rowbottom DG, Green KJ.** Acute exercise effects on the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(7 Suppl):S396-405.
305. **Barrett B, Brown R, Rakel D, Mundt M, Bone K, Barlow S, et al.** Echinacea for treating the common cold: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2010;153:769-77.
306. **Mills S, Bone K.** *The essential guide to herbal safety.* New York. Elsevier-Churchill-Livingstone. 2005:318-21.
307. **McNaughton LR.** Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;61:392-7.
308. **McNaughton L, Cedaro R.** Sodium citrate ingestion and its effects on maximal anaerobic exercise of different durations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64:36-41.
309. **Parry-Billings M, MacLaren DP.** The effect of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1986;55:524-9.
310. **Potteiger JA, Webster MJ, Nickel GL, Haub MD, Palmer RJ.** The effects of buffer ingestion on metabolic factors related to distance running performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;72:365-71.
311. **Ferliche Fernández-Castany B, Delgado-Fernández M, Álvarez García J.** The effect of sodium citrate intake on anaerobic performance in normoxia and after sudden ascent to a moderate altitude. *Sports Med Phys Fitness* 2002;42:179-85.
312. **Ibáñez J, Pullinen T, Gorostiaga E, Postigo A, Mero A.** Blood lactate and ammonia in short-term anaerobic work following induced alkalosis. *J Sports Med Phys Fitness* 1995;35:187-93.
313. **Voces J, Álvarez AI, Vila L, Ferrando A, Cabral de Oliveira C, Prieto JG.** Effects of administration of the standardized Panax ginseng extract G115 on hepatic antioxidant function after exhaustive exercise. *Comp Biochem Physiol C Pharmacol Toxicol Endocrinol* 1999;123:175-84.

314. Kulaputana O, Thanakomsirichot S, Anomasiri W. Ginseng supplementation does not change lactate threshold and physical performances in physically active Thai men. *J Med Assoc Thai* 2007;90:1172-9.
315. Hsu CC, Ho MC, Lin LC, Su B, Hsu MC. American ginseng supplementation attenuates creatine kinase level induced by submaximal exercise in human beings. *World J Gastroenterol* 2005;11:5327-31.
316. Liang MT, Podolka TD, Chuang WJ. Panax notoginseng supplementation enhances physical performance during endurance exercise. *J Strength Cond Res* 2005;19:108-14.
317. Goulet ED. Glycerol-induced hyperhydration: a method for estimating the optimal load of fluid to be ingested before exercise to maximize endurance performance. *J Strength Cond Res* 2010;24:74-8.
318. Anderson MJ, Cotter JD, Garnham AP, Casley DJ, Febbraio MA. Effect of glycerol-induced hyperhydration on thermoregulation and metabolism during exercise in heat. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2001;11:315-33.
319. Nelson JL, Robergs RA. Exploring the potential ergogenic effects of glycerol hyperhydration. *Sports Med* 2007;37:981-1000.
320. Kavouras SA, Armstrong LE, Maresh CM, Casa DJ, Herrera-Soto JA, Scheett TP, *et al.* Rehydration with glycerol: endocrine, cardiovascular, and thermoregulatory responses during exercise in the heat. *J Appl Physiol* 2006;100:442-50.
321. Van Rosendal SP, Osborne MA, Fassett RG, Coombes JS. Physiological and performance effects of glycerol hyperhydration and rehydration. *Nutr Rev* 2009;67:690-705.
322. Ministerio de la Presidencia, Resolución de 30 de noviembre de 2011, de la Presidencia del Consejo Superior de Deportes, por la que se aprueba la lista de sustancias y métodos prohibidos en el deporte para el año 2012. BOE núm. 311 de 27/12/2011; I. Disposiciones generales 20277: Sec. I Pág. 142606.
323. Michel BA, Stucki G, Frey D, De Vathaire F, Vignon E, Bruhlmann P, *et al.* Chondroitins 4 and 6 sulfate in osteoarthritis of the knee: a randomized, controlled trial. *Arthritis Rheum* 2005;52:779-86.
324. Pavelka K, Gatterová J, Olejarová M, Machacek S, Giacobelli G, Rovati LC. Glucosamine sulfate use and delay of progression of knee osteoarthritis. A 3-year randomized, placebo-controlled, double-blind study. *Arch Intern Med* 2002;163:2113-23.
325. Guidolin D, Pasquali Ronchetti I, Lini E, Guerra D, Frizziero L. Morphological analysis of articular cartilage biopsies from a randomized, clinical study comparing the effects of 500-730 kDa sodium hyaluronate (Hyalgan®) and methylprednisolone acetate on primary osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage* 2001;9:371-81.
326. Bali JP, Cousse H, Neuzil E. Biochemical basis of the pharmacologic action of chondroitin sulfates on the osteoarticular system. *Semin Arthritis Rheum* 2001;31:58-68.
327. Clegg DO, Reda DJ, Harris CL, Klein MA, O'Dell JR, Hooper MM, *et al.* Glucosamine, chondroitin sulfate, and the two in combination for painful knee osteoarthritis. *N Engl J Med* 2006;354:795-808.
328. Muller-Fassbender H, Bach GL, Haase W, Rovati LC, Setnikar I. Glucosamine sulfate compared to ibuprofen in osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage* 1994;2:61-9.
329. Huskisson EC, Donnelly SM. Editorial: Hyaluronic acid in osteoarthritis. *Eur J Rheumatol Inflamm* 1995;15:1-2.
330. Kotz R, Kolarz G. Intra-articular hyaluronic acid: duration of effect and results of repeated treatment cycles. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 1999;28(11 Suppl):5-7.
331. Stear SJ, Burke LM, Castell LM. BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and Ergogenic aids for health and performance Part 3. *Br J Sports Med* 2009;43:890-2.
332. Ernst E, Pittler MH. Efficacy of homeopathic arnica: a systematic review of placebo-controlled clinical trials. *Arch Surg* 1998;133:1187-90.
333. Orchard JW, Best TM, Mueller-Wohlfahrt HW, Hunter G, Hamilton BH, Webborn N, *et al.* The early management of muscle strains in the elite athlete: best practice in a world with a limited evidence basis. *Br J Sports Med* 2008;42:158-9.

334. **Wright-Carpenter T, Klein P, Schäferhoff P, Appell HJ, Mir LM, Wehling P.** Treatment of muscle injuries by local administration of autologous conditioned serum: a pilot study on sportsmen with muscle strains. *Int J Sports Med* 2004;25:588-93.
335. **Vellini M, Desideri D, Milanese A, Omini C, Daffonchio L, Hernández A, et al.** Possible involvement of eicosanoids in the pharmacological action of bromelain. *Arzneimittelforschung* 1986;36:110-2.
336. **Blasco Redondo R, Rubio Arias JA, Anguera Vilá A, Ayllón Sánchez A, Ramos Campo DJ, Jiménez Díaz JF.** Suplementación con bromelina en el daño muscular producido durante el ejercicio físico excéntrico. Estudio Bromesport. *Arch Med Deporte* 2012;150:769-83.
337. **Maurer HR.** Bromelain: biochemistry, pharmacology and medical use. *Cell Mol Life Sci* 2001;58:1234-45.

AUTORES DEL DOCUMENTO

Dra. Nieves Palacios Gil de Antuñano. (Coordinadora). Especialista en Endocrinología y Nutrición y en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Jefe de Servicio de Medicina, Endocrinología y Nutrición del Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deportes. Presidente del Grupo de Nutrición de la Federación Española de Medicina del Deporte.

Dr. Pedro Manonelles Marqueta (Coordinador). Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Doctor por la Universidad de Zaragoza. Presidente de la Federación Española de Medicina del Deporte.

Dra. Raquel Blasco Redondo. Doctora en Medicina y Cirugía por la Universidad de Valladolid. Especialista en Medicina Interna. Médico Responsable de la Unidad de Nutrición del Centro Regional de Medicina Deportiva de la Junta de Castilla y León. Profesora adjunta en Ciencias de la Salud de la Universidad Europea Miguel de Cervantes. Valladolid.

Dr. Luis Franco Bonafonte. Doctor en Medicina y Cirugía. Especialista en Medicina del

Deporte. Responsable de la Unidad de Medicina del Deporte. Hospital Universitario Sant Joan de Reus y Centros Sanitarios del Grupo SAGESA. Profesor Asociado. Departamento de Medicina y Cirugía. Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad Rovira i Virgili.

Dra. Teresa Gaztañaga Aurrekoetxea. Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Diplomatura Universitaria de Postgrado en Nutrición Humana por las Universidades de Nancy y Granada. Miembro de la Comisión Científica de la Federación Española de Medicina del Deporte. Presidenta de la Sociedad Vasca de Medicina del Deporte (EKIME).

Dra. Begoña Manuz González. Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Secretaria General de la Federación Española de Medicina del Deporte.

Dr. José Antonio Villegas García. Especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Director del CIESD. Dirección General de Deportes. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

FINANCIACIÓN

Este documento se ha realizado gracias a la colaboración de Isostar/Nutrition et Santé.

El Grupo de Trabajo sobre Nutrición en el Deporte de la Federación Española de Medicina del Deporte, quiere manifestar su agradecimiento a Isostar/Nutrition et Santé, que ha hecho posible la realización de este documento, respetando en todo momento la independencia de criterio de todos los miembros de dicho grupo, que nunca se han visto afectados por los posibles intereses comerciales de Isostar/Nutrition et Santé.



Interior contraportada



Una marca de:

